COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-QUARANTE-HUITIÈME.

JANVIER — JUIN 1909.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1909

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1909.

SCIENCES MATHÉMATIQUES

SECTION Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

JORDAN (Marie-Ennemond-Camille) (O. ✻).
POINCARÉ (Jules-Henri) (C. ✻).
PICARD (Charles-Émile) (O. ✻).
APPELL (Paul-Émile) (C. ✻).
PAINLEVÉ (Paul) ✻.
HUMBERT (Marie-Georges) ✻.

SECTION II. — *Mécanique.*

LEVY (Maurice) (C. ✻).
BOUSSINESQ (Valentin-Joseph) (O. ✻).
DEPREZ (Marcel) (O. ✻).
LÉAUTÉ (Henry) (O. ✻).
SEBERT (Hippolyte) (C. ✻).
VIEILLE (Paul-Marie-Eugène) (O. ✻).

SECTION III. — *Astronomie.*

WOLF (Charles-Joseph-Étienne) (O. ✻).
RADAU (Jean-Charles-Rodolphe) ✻.
DESLANDRES (Henri-Alexandre) ✻.
BIGOURDAN (Guillaume) ✻.
BAILLAUD (Édouard-Benjamin) (O. ✻).
HAMY (Maurice-Théodore-Adolphe).

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

BOUQUET DE LA GRYE (Jean-Jacques-Anatole) (C. ✻).
GRANDIDIER (Alfred) (O. ✻).
BASSOT (Jean-Léon-Antoine) (C. ✻).
GUYOU (Émile) (C. ✻).
HATT (Philippe-Eugène) (O. ✻).
BERTIN (Louis-Émile) (C. ✻).

Section V. — *Physique générale.*

Messieurs :

LIPPMANN (Gabriel) (C. ✻).
VIOLLE (Louis-Jules-Gabriel) (O. ✻).
AMAGAT (Émile-Hilaire) (O. ✻).
GERNEZ (Désiré-Jean-Baptiste) (O. ✻).
BOUTY (Edmond-Marie-Léopold) (O. ✻).
VILLARD (Paul).

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

TROOST (Louis-Joseph) (C. ✻).
GAUTIER (Émile-Justin-Armand) (C. ✻).
LEMOINE (Georges) (O. ✻).
HALLER (Albin) (O. ✻).
LE CHATELIER (Henry-Louis) (O. ✻).
N. . . . .

Section VII. — *Minéralogie.*

LÉVY (Auguste-Michel) (O. ✻).
LACROIX (François-Antoine-Alfred) ✻.
BARROIS (Charles-Eugène) (O. ✻).
DOUVILLÉ (Joseph-Henri-Ferdinand) (O. ✻).
WALLERANT (Frédéric).
N. . . . .

Section VIII. — *Botanique.*

BORNET (Jean-Baptiste-Édouard) (O. ✻).
GUIGNARD (Jean-Louis-Léon) (O. ✻).
BONNIER (Gaston-Eugène-Marie) (✻).
PRILLIEUX (Édouard-Ernest) (O. ✻).
ZEILLER (Charles-René) (O. ✻).
N. . . . .

SECTION IX. — *Économie rurale.*

Messieurs :

SCHLŒSING (Jean-Jacques-Théophile) (C. ✻).
CHAUVEAU (Jean-Baptiste-Auguste) (G. O. ✻).
MÜNTZ (Charles-Achille) (O. ✻).
ROUX (Pierre-Paul-Émile) (C. ✻).
SCHLŒSING (Alphonse-Théophile) ✻.
MAQUENNE (Léon-Gervais-Marie) ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

RANVIER (Louis-Antoine) (O. ✻).
PERRIER (Jean-Octave-Edmond) (O. ✻).
CHATIN (Joannès-Charles-Melchior) ✻.
DELAGE (Marie-Yves) ✻.
BOUVIER (Louis-Eugène) ✻.
HENNEGUY (Louis-Félix) (O. ✻).

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

BOUCHARD (Charles-Jacques) (G. O. ✻).
GUYON (Jean-Casimir-Félix) (C. ✻).
ARSONVAL (Arsène D') (C. ✻).
LANNELONGUE (Odilon-Marc) (C. ✻).
LAVERAN (Charles-Louis-Alphonse) (O. ✻).
DASTRE (Albert-Jules-Frank) (O. ✻).

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

DARBOUX (Jean-Gaston) (C. ✻), pour les Sciences mathématiques.
VAN TIEGHEM (Philippe-Édouard-Léon) (O. ✻), pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

Messieurs :

FREYCINET (Charles-Louis DE SAULSES DE) (O. ✻).
HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon) (G. O. ✻).
CAILLETET (Louis-Paul) (O. ✻).
CARNOT (Marie-Adolphe) (C. ✻).
ROUCHÉ (Eugène) (O. ✻).
PICARD (Alfred-Maurice) (G. C. ✻).
LABBÉ (Léon) (C. ✻).
BONAPARTE (Le prince Roland).
TANNERY (Jules) (O. ✻).
CARPENTIER (Jules-Adrien) (C. ✻).

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

LISTER (Lord), à Londres.
NEWCOMB (Simon) (C. ✻), à Washington.
SUESS (Édouard), à Vienne.
HOOKER (Sir Joseph-Dalton), à Kew.
SCHIAPARELLI (Jean-Virginius), à Milan.
KOCH (Robert), à Berlin.
AGASSIZ (Alexandre) (O. ✻), à Cambridge (Massachusetts).
N. . . . .

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

SCHWARZ (Hermann-Amandus), à Grünewald, près Berlin.
KLEIN (Félix), à Gœttingue.
MÉRAY (Hugues-Charles-Robert) (O. ✻), à Dijon.
ZEUTHEN (Hieronymus-Georg), à Copenhague.
MITTAG-LEFFLER (Magnus-Gustaf) (O. ✻), à Stockholm.

Messieurs :

DEDEKIND (Julius-Wilhelm-Richard), à Brunswick.
NŒTHER (Max), à Erlangen.
VOLTERRA (Vito), à Rome.
GUICHARD (Claude), à Clermont-Ferrand.
GORDAN (Paul), à Erlangen.

SECTION II. — *Mécanique* (10).

CONSIDÈRE (Armand-Gabriel) (O. ✻), à Quimper.
AMSLER (Jacob), à Schaffhouse.
VALLIER (Frédéric-Marie-Emmanuel) (O. ✻), à Versailles.
DWELSHAUVERS-DERY (Victor-Auguste-Ernest) ✻, à Liége.
BAZIN (Henry-Émile) (O. ✻), à Chenôve (Côte-d'Or).
DUHEM (Pierre), à Bordeaux.
HOFF (Jacobus-Henricus VAN'T) ✻, à Berlin.
WITZ (Marie-Joseph-Aimé), à Lille.
N. . . . .
N. . . . .

SECTION III. — *Astronomie* (16).

LOCKYER (Sir Joseph-Norman), à Londres.
HUGGINS (Sir William), à Londres.
STEPHAN (Jean-Marie-Édouard) (O. ✻), à Marseille.
AUWERS (Arthur), à Berlin.
BACKLUND (Oskar), à Poulkova.
GILL (Sir David) (O. ✻), à Londres.
BAKHUYZEN (VAN DE SANDE) (C. ✻), à Leyde.
CHRISTIE (William-Henry), à Greenwich (Angleterre).
ANDRÉ (Charles-Louis-François) ✻, à l'Observatoire de Lyon.
WEISS (Edmund) (O. ✻), à l'Observatoire de Vienne.
PICKERING (Edward-Charles), à Cambridge (Massachusetts).
GAILLOT (Jean-Baptiste-Aimable) (✻).
TURNER (Herbert-Hall).
HALE (George-Ellery).
N. . . . .

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

Messieurs :

TEFFÉ (le baron DE), à Rio-de-Janeiro.
GRIMALDI (Albert-Honoré-Charles) (G. C. ✻), prince souverain de Monaco, à Monaco.
NANSEN (Fridtjof) (C. ✻), à Bergen (Norvège).
HELMERT (Frédéric-Robert), à Potsdam.
COLIN (le R. P. Édouard-Élie), à Tananarive.
GALLIENI (Joseph-Simon) (G. O. ✻), à Saint-Raphaël (Var).
DAVIDSON (George), à San-Francisco.
DARWIN (Sir George), à Cambridge.
BRASSEY (Thomas, Lord) (C. ✻), à Londres.
N. . . . .

SECTION V. — *Physique générale* (10).

RAYLEIGH (John-William STRUTT, Lord) (O. ✻), à Essex.
BLONDLOT (René-Prosper) ✻, à Nancy.
HITTORF (Wilhem), à Munster (Prusse).
VAN DER WAALS (Johannes-Diderik), à Amsterdam.
MICHELSON (Albert-A.), à Chicago.
GOUY (Georges-Louis), à Lyon.
BENOIT (Justin-Miranda-René) ✻, à Sèvres.
LORENTZ (Hendrik-Antoon), à Leyde.
CROOKES (Sir William), à Londres.
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

LECOQ DE BOISBAUDRAN (Paul-Émile dit François) ✻, à Cognac.
BAEYER (Adolf VON), à Munich.
ROSCOE (Sir Henry-Enfield) (O. ✻), à Londres.
CANNIZZARO (Stanislas) (O. ✻), à Rome.
RAMSAY (Sir William) (O. ✻), à Londres.
FISCHER (Emil), à Berlin.

Messieurs :

SABATIER (Paul), à Toulouse.
FORCRAND (Hippolyte-Robert DE), à Montpellier.
HENRY (Louis), à Louvain.
N. . . . .

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

GOSSELET (Jules-Auguste-Alexandre) (O. ✻), à Lille.
GEIKIE (Sir Archibald), à Londres.
TSCHERMAK (Gustav), à Vienne.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien) ✻, à Lyon.
ROSENBUSCH (Harry), à Heidelberg.
ŒHLERT (Daniel) ✻, à Laval.
BRÖGGER (Wlademar-Christofer), à Christiania.
HEIM (Albert), à Zurich.
N. . . . .
N. . . . .

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

GRAND'EURY (François-Cyrille) ✻, à Saint-Étienne.
TREUB (Melchior) ✻, à Buitenzorg, près Batavia (Java).
SCHWENDENER (Simon), à Berlin.
PFEFFER (Wilhelm-Friedrich-Philipp), à Leipzig.
STRASBURGER (Édouard), à Bonn.
WARMING (Johannes-Eugenius-Beilow), à Copenhague.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie) ✻, à Montpellier.
BERTRAND (Charles-Eugène) ✻, à Lille.
N. . . . .
N. . . . .

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

HOUZEAU (Auguste) (O. ✻), à Rouen.
ARLOING (Saturnin) (C. ✻), à Lyon.
PAGNOUL (Aimé), à Arras.
GAYON (Léonard-Ulysse) (O. ✻), à Bordeaux.
KUEHN (Julius), à Halle.

Messieurs :

WINOGRADSKI (Serge), à Saint-Pétersbourg.
YERMOLOFF (Alexis) (C. ✻), à Saint-Pétersbourg.
TISSERAND (Louis-Eugène) (G. O. ✻), à Vaucresson.
HECKEL (Édouard-Marie) (O. ✻), à Marseille.
N. . . . .

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

FABRE (Jean-Henri) ✻, à Sérignan (Vaucluse).
SABATIER (Armand) (O. ✻), à Montpellier.
RETZIUS (Gustave), à Stockholm.
BERGH (Ludwig-Rudolph-Sophus), à Copenhague.
LANKESTER (Edwin-Ray), à Londres.
LORTET (Louis) (O. ✻), à Lyon.
MAUPAS (Émile-François), à Alger.
VAN BENEDEN (Édouard), à Liége.
METCHNIKOFF (Élie) (O. ✻), à Sèvres.
WALDEYER (Henri-Guillaume-Godefroi), à Berlin.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

LÉPINE (Jacques-Raphaël) (O. ✻), à Lyon.
ENGELMANN (Théodor-Wilhelm), à Berlin.
LEYDEN (Ernst VON), à Berlin.
MOSSO (Angelo), à Turin.
ZAMBACO (Démétrius-Alexandre) (O. ✻), à Constantinople.
CZERNY (Vincent-Joseph), à Heidelberg.
BACCELLI (Guido), à Rome.
CALMETTE (Léon-Charles-Albert) (O. ✻), à Lille.
N. . . . .
N. . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JANVIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

M. **Ch. Bouchard**, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1908.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1909.

Volumes publiés.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le Tome CXLIV (1er semestre 1907), le Tome CXLV (2e semestre 1907) et le Tome CXLVI (1er semestre 1908) ont paru avec leurs Tables.

Les numéros du 2e semestre de l'année 1908 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Mémoires de l'Académie. — Le Tome L, comprenant les Mémoires suivants : *Théorie approchée de l'écoulement de l'eau sur un réservoir en mince paroi et sans contraction latérale,* par M. J. Boussinesq. — *Mémoire sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre et sur le rôle des déplacements hori-*

zontaux, par Marcel Bertrand. — *Sur un problème relatif à la théorie des courbes gauches,* par M. Gaston Darboux. En tête du Volume se trouvent les Notices suivantes : *Notice sur la vie et les travaux de Ferdinand Fouqué,* par M. Berthelot. — *Notice historique sur Antoine d'Abbadie,* par M. Gaston Darboux.

Mémoires des Savants étrangers. — Le Tome XXXIII est entièrement achevé d'imprimer, il va être mis incessamment en distribution; il comprend les Mémoires suivants : 1° *Mémoire sur les déplacements à trajectoires sphériques,* par M. Émile Borel; 2° *Essai sur le calcul du nombre des classes de formes quadratiques binaires aux coefficients entiers,* par M. Mathias Lerch; 3° *Mémoire sur l'ellipticité du géoïde dans le tunnel du Simplon,* par M. Marcel Brillouin; 4° *Mémoire sur le problème d'Analyse relatif à l'équilibre des plaques élastiques encastrées,* par M. Jacques Hadamard.

Volumes en cours de publication.

Mémoires de l'Académie. — Tome LI. Ce Tome comprendra : 1° un Mémoire de M. Gaston Darboux, *Sur un problème relatif à la théorie des courbes gauches,* dont l'impression est achevée; 2° *Une réimpression des études faites, à la fin du* XVIIIe *siècle, sur les aérostats,* par le général Musnier, ces études sont accompagnées de nombreuses planches; l'impression de ce travail est en cours.

Mémoires des Savants étrangers. — Tome XXXIV. Deux Mémoires, qui ont remporté le Grand Prix des Sciences mathématiques en 1908, sont en cours de publication. Le Mémoire n° 1, ayant pour auteur M. Luigi Bianchi, professeur à l'Université de Pise, est intitulé : *Théorie des transformations des surfaces applicables sur les quadriques générales.* — Le Mémoire n° 2, dont l'auteur est M. C. Guichard, Correspondant de l'Académie, est intitulé : *Sur la déformation des quadriques.*

Changements survenus parmi les Membres depuis le 1er janvier 1908.

Membres décédés.

Section de Physique : M. **Mascart**, le 24 août.
Section de Chimie : M. **Ditte**, le 7 novembre.

Section de Minéralogie : M. **Gaudry**, le 27 novembre.
Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Giard**, le 8 août.
Secrétaires perpétuels : M. **de Lapparent**, le 14 mai; M. **Henri Becquerel**, le 24 août.

Membres élus.

Section d'Astronomie : M. **Baillaud**, le 24 février, en remplacement de M. Lœwy, décédé; M. **Maurice Hamy**, le 23 mars, en remplacement de M. Janssen, décédé.

Section de Physique : M. **Bouty**, le 23 novembre, en remplacement de M. Henri Becquerel, élu secrétaire perpétuel; M. **Villard**, le 28 décembre, en remplacement de M. Mascart, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Henneguy**, le 9 novembre, en remplacement de M. Giard, décédé.

Secrétaires perpétuels : M. **Henri Becquerel**, le 29 juin, en remplacement de M. de Lapparent, décédé; M. **Ph. van Tieghem**, le 26 octobre, en remplacement de M. Henri Becquerel, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Chimie : M. **Ditte**, décédé le 7 novembre 1908.
Section de Minéralogie : M. **Gaudry**, décédé le 27 novembre 1908.
Section de Botanique : M. **Ph. van Tieghem**, élu Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques, le 27 octobre 1908.
Associé étranger : **Lord Kelvin**, décédé le 17 décembre 1907.

Changements survenus parmi les Correspondants depuis le 1er janvier 1908.

Correspondants décédés.

Section de Botanique : M. **Clos**, à Sorèze, le 19 août.
Section d'Économie rurale : M. **Fliche**, à Nancy, le 29 novembre.

Correspondants élus.

Section d'Astronomie : M. **Gaillot**, à La Varenne-Saint-Hilaire, le 22 juin, en remplacement de M. Trépied, décédé; M. **H.-H. Turner**, à Oxford, le 29 juin, en remplacement de M. H.-C. Vogel, décédé; M. **George-E. Hale**, à Mount-Wilson (Californie), le 6 juillet, en remplacement de M. Asaph Hall, décédé.

Correspondants à remplacer.

Section de Mécanique : M. **Sire**, à Besançon, décédé le 12 septembre 1906; M. **Zeuner**, à Dresde, décédé le 17 octobre 1907.

Section d'Astronomie : M. **Baillaud**, à Toulouse, élu membre titulaire, le 24 février 1908.

Section de Géographie et Navigation : M. **Augustin Normand**, au Havre, décédé le 21 décembre 1906.

Section de Physique : M. **Crova**, à Montpellier, décédé le 21 juin 1907.

Section de Chimie : M. **Mendeleef**, à Saint-Pétersbourg, décédé le 2 février 1907.

Section de Minéralogie : M. **Carl Klein**, à Berlin, décédé le 23 juin 1907; M. **Peron**, à Auxerre, décédé le 2 juillet 1908.

Section de Botanique : M. **Masters**, à Ealing, décédé le 29 mai 1906; M. **Clos**, à Sorèze, décédé le 19 août 1908.

Section d'Économie rurale : M. **Fliche**, à Nancy, décédé le 29 novembre 1908.

Section de Médecine et de Chirurgie : **Sir Burdon Sanderson**, à Oxford, décédé en 1905; M. **Herrgott**, à Nancy, décédé le 4 mars 1908.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes d'équations différentielles linéaires.* Note de M. **Gaston Darboux**.

Les systèmes d'équations linéaires dont je veux entretenir l'Académie sont analogues à celui qui se présente dans la théorie du mouvement relatif. On sait que, si un solide invariable se meut dans l'espace et si l'on connaît, à chaque instant t, les composantes p, q, r de la relation instantanée, relatives aux axes d'un trièdre invariablement lié à ce système mobile, la détermination de sa position absolue dépend de l'intégration du système linéaire à trois inconnues

$$(1) \qquad \frac{da}{dt} = br - cq, \qquad \frac{db}{dt} = cp - ar, \qquad \frac{dc}{dt} = aq - bp,$$

qui admet l'intégrale quadratique à coefficients constants

$$(2) \qquad a^2 + b^2 + c^2 = \text{const.}$$

Les systèmes que je veux considérer sont ceux qu'on rencontre dans l'étude des questions analogues relatives à un nombre quelconque de dimensions. Ils se présentent sous la forme

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{k=1}^{k=n} p_{ik} x_k, \tag{3}$$

où les indices i et k peuvent prendre les valeurs 1, 2, ..., n, et où les quantités p_{ik} satisfont aux deux conditions

$$p_{ii} = 0, \qquad p_{ik} + p_{ki} = 0. \tag{4}$$

Ils admettent, eux aussi, l'intégrale quadratique

$$\sum x_i^2 = \text{const.}, \tag{5}$$

de sorte que toute solution particulière définie par les formules

$$x_i = x_i^0$$

conduira à l'intégrale linéaire

$$\sum x_i^0 x_i = \text{const.}$$

Indépendamment de leur intérêt cinématique, les systèmes (3) méritent, au point de vue analytique, une étude approfondie. On peut leur appliquer une remarque que j'ai déjà faite pour le cas de trois variables et montrer que tout système linéaire homogène admettant une intégrale quadratique, *à coefficients constants ou variables*, peut se ramener à la forme (3). Par suite, si l'on considère un système linéaire quelconque

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_k a_{ik} x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n), \tag{6}$$

et si on lui associe le système que j'ai appelé *adjoint* (*Comptes rendus*, t. XC)

$$\frac{du_i}{dt} = -\sum_k a_{ki} u_k, \tag{7}$$

l'ensemble des systèmes (6) et (7) admet l'intégrale quadratique

$$\sum u_i x_i = \text{const.} \tag{8}$$

et peut, par suite, être ramené à la forme (3).

M. John Eiesland, dans un Mémoire inséré à l'*American Journal of Ma-*

thematics (t. XX, p. 245), et M. Ernesto Laura, dans deux Notes insérées en 1907 et 1908 aux *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino* (16 juin 1907 et 12 janvier 1908), se sont occupés du cas particulier du système (3), où n est égal à 4; et ils ont obtenu ce beau résultat, qui peut être considéré comme la généralisation de ce que l'on sait pour n égal à 3, que *l'intégration du système peut s'effectuer par le moyen de deux équations de Riccati*. Je me propose d'établir ce théorème par des méthodes qui peuvent s'étendre, dans une certaine mesure, aux cas généraux.

Considérons donc le système

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{k=1}^{k=4} p_{ik} x_k \qquad (i = 1, 2, 3, 4), \tag{9}$$

où l'on a encore

$$p_{ii} = 0, \qquad p_{ik} + p_{ki} = 0, \tag{10}$$

et qui admet l'intégrale quadratique

$$\sum x_i^2 = \text{const.} \tag{11}$$

La voie que je vais suivre repose sur la considération des solutions pour lesquelles la constante du second membre est nulle, c'est-à-dire pour lesquelles on a

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = 0. \tag{12}$$

Ces solutions ont été déjà considérées par M. Eiesland, mais peut-être ne leur a-t-il pas attribué la place qu'elles méritent dans la théorie.

La solution la plus générale de l'équation (12) peut être obtenue en posant

$$\begin{cases} x_1 + i x_2 = \alpha\beta, & x_3 + i x_4 = -\beta\delta, \\ x_1 - i x_2 = \gamma\delta, & x_3 - i x_4 = \alpha\gamma, \end{cases} \tag{13}$$

α, β, γ, δ étant de nouvelles inconnues auxiliaires, qui ne sont même pas pleinement déterminées; car il est évidemment permis, sans changer les valeurs des x_i, d'effectuer la substitution

$$\alpha \,|\, \alpha h, \quad \beta \left| \frac{\beta}{h}, \right. \quad \delta \,|\, \delta h, \quad \gamma \left| \frac{\gamma}{h}, \right. \tag{14}$$

où h est une fonction qu'on pourra choisir arbitrairement. Nous ferons plus loin usage de cette remarque.

On tire des équations (13) les valeurs suivantes des x_i :

$$(15)\quad \left\{\begin{array}{ll} 2x_1 = \alpha\beta + \gamma\delta, & 2x_3 = \alpha\gamma - \beta\delta, \\ 2x_2 = i(\gamma\delta - \alpha\beta), & 2x_4 = i(\alpha\gamma + \beta\delta). \end{array}\right.$$

Pour avoir les équations différentielles auxquelles satisfont α, β, γ, δ, différentions les équations (13) et remplaçons les dérivées des x_i par leurs valeurs. La première, par exemple, nous donnera le résultat suivant :

$$\begin{aligned} &\alpha\left[\frac{d\beta}{dt} + \frac{i}{2}\beta p_{12} + \frac{\gamma}{2}(p_{13} + ip_{23}) - \frac{\gamma}{2}(ip_{14} - p_{24})\right] \\ &+ \beta\left[\frac{d\alpha}{dt} + \frac{i}{2}\alpha p_{12} + \frac{\delta}{2}(p_{13} + ip_{23}) - \frac{\delta}{2}(ip_{14} - p_{24})\right] = 0. \end{aligned}$$

En introduisant une inconnue auxiliaire λ, on peut remplacer cette équation *quadratique* par le système de deux équations *linéaires*

$$\begin{aligned} 2\frac{d\alpha}{dt} &= -i\alpha(p_{12} + \lambda) + \delta[-p_{13} - p_{24} + i(p_{14} - p_{23})], \\ 2\frac{d\beta}{dt} &= -i\beta(p_{12} - \lambda) + \gamma[p_{13} - p_{24} + i(p_{14} + p_{23})]. \end{aligned}$$

Différentions les autres équations (13), en tenant compte des deux équations précédentes. Si, pour plus de symétrie, on pose

$$(16)\quad \lambda = \mu - p_{34},$$

et si l'on introduit, pour abréger, les notations suivantes :

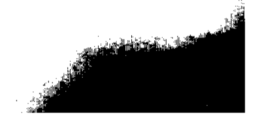
$$(17)\quad \left\{\begin{array}{lll} p_{12} + p_{34} = a_2, & p_{13} + p_{24} = a_3, & p_{14} + p_{23} = a_4, \\ p_{12} - p_{34} = b_2, & p_{13} - p_{24} = b_3, & p_{14} - p_{23} = b_4, \end{array}\right.$$

on sera conduit au système suivant :

$$(18)\quad \left\{\begin{aligned} 2\frac{d\alpha}{dt} &= -i\alpha(\mu + b_2) + \delta(-a_3 + ib_4), \\ 2\frac{d\delta}{dt} &= \alpha(a_3 + ib_4) - i\delta(\mu - b_2), \end{aligned}\right.$$

$$(18')\quad \left\{\begin{aligned} 2\frac{d\beta}{dt} &= i\beta(\mu - a_2) + \gamma(b_3 + ia_4), \\ 2\frac{d\gamma}{dt} &= \beta(-b_3 + ia_4) + i\gamma(a_2 + \mu), \end{aligned}\right.$$

qui *se décompose en deux systèmes linéaires à deux inconnues seulement*. Ces deux systèmes sont absolument indépendants.



Si l'on effectue sur les variables $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ la substitution (14), il faut effectuer de même sur μ la substitution

$$\mu \left| \mu - \frac{i}{h}\frac{dh}{dt}; \right. \tag{19}$$

μ *pourra donc être choisie arbitrairement.* Comme on sait que les systèmes linéaires de la forme

$$\frac{dx}{dt} = mx + ny, \qquad \frac{dy}{dt} = px + qy,$$

pour lesquels la somme $m + q$ est égale à zéro, jouissent de la propriété que le déterminant $x_1 y_2 - x_2 y_1$ de deux systèmes de solutions particulières est constant, on sera conduit à poser ici

$$\mu = 0, \tag{20}$$

pour donner cette propriété aux systèmes (18) et (18'). Ils prendront alors la forme définitive

$$\left\{ \begin{aligned} 2\frac{d\alpha}{dt} &= -ib_2\alpha + (-a_3 + ib_4)\delta, \\ 2\frac{d\delta}{dt} &= (a_3 + ib_4)\alpha + ib_2\delta, \end{aligned} \right. \tag{21}$$

$$\left\{ \begin{aligned} 2\frac{d\beta}{dt} &= -ia_2\beta + (b_3 + ia_4)\gamma, \\ 2\frac{d\gamma}{dt} &= (-b_3 + ia_4)\beta + ia_2\gamma. \end{aligned} \right. \tag{21'}$$

On sait qu'on peut ramener l'intégration de ces systèmes à celle de deux équations de Riccati, qui seront

$$\left\{ \begin{aligned} 2\left(\delta\frac{d\alpha}{dt} - \alpha\frac{d\delta}{dt}\right) &= (-a_3 + ib_4)\delta^2 - 2ib_2\alpha\delta - (a_3 + ib_4)\alpha^2, \\ 2\left(\gamma\frac{d\beta}{dt} - \beta\frac{d\gamma}{dt}\right) &= (b_3 + ia_4)\gamma^2 - 2ia_2\beta\gamma - (-b_3 + ia_4)\beta^2, \end{aligned} \right. \tag{22}$$

et qui détermineront respectivement les rapports $\frac{\alpha}{\delta}$ et $\frac{\beta}{\gamma}$. Si l'on se reporte aux formules (13), on constate que ces rapports mutuels sont *les paramètres des deux familles de génératrices rectilignes de la quadrique représentée par l'équation* (12).

Il est facile maintenant d'avoir la solution générale du système proposé. Si α, δ et α_1, δ_1 sont deux systèmes particuliers de solutions du système (21)

qu'on pourra, pour plus de netteté, supposer liés par la relation

$$\alpha\delta_1 - \delta\alpha_1 = 1, \tag{23}$$

la solution la plus générale de ce système sera donnée par les formules

$$\alpha' = c\alpha + c_1\alpha_1, \qquad \delta' = c\delta + c_1\delta_1, \tag{24}$$

où c, c_1 désigneront deux constantes arbitraires.

De même, si β, γ; β_1, γ_1 désignent deux systèmes de solutions du système (21′) liés également par la relation

$$\beta\gamma_1 - \gamma\beta_1 = 1, \tag{25}$$

la solution générale de ce système aura pour expression

$$\beta' = c_2\beta + c_3\beta_1, \qquad \gamma' = c_2\gamma + c_3\gamma_1, \tag{26}$$

où c_2, c_3 seront deux nouvelles constantes.

En portant toutes ces valeurs dans les formules (15), on aura

$$\left\{\begin{aligned} 2x_1 &= cc_2(\alpha\beta + \gamma\delta) + cc_3(\alpha\beta_1 + \delta\gamma_1) + c_1c_2(\alpha_1\beta + \delta_1\gamma) + c_1c_3(\alpha_1\beta_1 + \gamma_1\delta_1), \\ 2x_2 &= icc_2(\gamma\delta - \alpha\beta) + icc_3(\delta\gamma_1 - \alpha\beta_1) + ic_1c_2(\gamma\delta_1 - \beta\alpha_1) + ic_1c_3(\gamma_1\delta_1 - \alpha_1\beta_1), \\ 2x_3 &= cc_2(\alpha\gamma - \beta\delta) + cc_3(\alpha\gamma_1 - \delta\beta_1) + c_1c_2(\gamma\alpha_1 + \beta\delta_1) + c_1c_3(\alpha_1\gamma_1 - \beta_1\delta_1). \\ 2x_4 &= icc_2(\alpha\gamma + \beta\delta) + icc_3(\alpha\gamma_1 + \delta\beta_1) + ic_1c_2(\gamma\alpha_1 + \beta\delta_1) + ic_1c_3(\alpha_1\gamma_1 + \beta_1\delta_1). \end{aligned}\right. \tag{27}$$

Ces formules, à la vérité, ne fournissent que les solutions pour lesquelles la somme des carrés est nulle. Mais il est bien facile de passer au cas général. Il suffit d'y remplacer les produits c_ic_k par des constantes quelconques. On obtient ainsi la solution générale par les formules

$$\left\{\begin{aligned} x_1 &= C(\alpha\beta + \gamma\delta) + C_1(\alpha_1\beta_1 + \gamma_1\delta_1) + D(\beta\alpha_1 + \gamma\delta_1) + D_1(\alpha\beta_1 + \delta\gamma_1), \\ x_2 &= iC(\gamma\delta - \alpha\beta) + iC_1(\gamma_1\delta_1 - \alpha_1\beta_1) + iD(\gamma\delta_1 - \beta\alpha_1) + iD_1(\delta\gamma_1 - \alpha\beta_1), \\ x_3 &= C(\alpha\gamma - \beta\delta) + C_1(\alpha_1\gamma_1 - \delta_1\beta_1) + D(\gamma\alpha_1 - \beta\delta_1) + D_1(\alpha\gamma_1 - \delta\beta_1), \\ x_4 &= iC(\alpha\gamma + \beta\delta) + iC_1(\alpha_1\gamma_1 + \beta_1\delta_1) + iD(\gamma\alpha_1 + \beta\delta_1) + iD_1(\alpha\gamma_1 + \delta\beta_1), \end{aligned}\right. \tag{28}$$

où C, C_1, D, D_1 désignent des constantes entièrement arbitraires. Il est facile de voir qu'on aura

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = 4CC_1 - 4DD_1. \tag{29}$$

La méthode précédente ne paraît guère susceptible de s'étendre au cas où n est quelconque. Je me propose de montrer cependant que la considération des solutions pour lesquelles la somme des carrés des inconnues est nulle conduit encore à des simplifications pour les valeurs les moins élevées

de n. J'aurai également l'occasion de montrer qu'à l considération d'un système d'équations linéaires et à celle de son système adjoint, il faut lier l'étude de certains systèmes intermédiaires qui admettent comme solutions les divers déterminants qu'on peut former avec un groupe plus ou moins étendu de solutions particulières.

AVIATION. — *Sur le danger de chavirement possible dans la giration des aéroplanes.* Note de M. **L.-F. Bertin**.

L'examen des aéroplanes récemment exposés au Grand Palais fait voir que, sur quelques appareils, le centre de dérive, placé beaucoup plus bas que le centre de sustentation, est à peine au-dessus du centre de gravité et peut même tomber au-dessous. Dans ces conditions, le danger de chavirer par l'effet d'une inclinaison vers l'extérieur de la courbe de giration est plus menaçant que le suppose ma Note du 16 novembre dernier. Le moment d'inclinaison dangereux peut en effet résulter, non seulement de quelques remous de vent près du sol, mais encore de la pression latérale elle-même, qui résulte de la giration.

Il est, par suite, intéressant de connaître les angles d'inclinaison correspondant au maximum de stabilité statique et à la limite de stabilité dynamique, pour les inclinaisons vers l'extérieur, au moins autant que vers l'intérieur de la courbe de giration. La convenance d'assurer une inclinaison du côté de la sécurité résulte de la nécessité de s'écarter de la position d'équilibre instable, plus encore que de l'avantage d'exécuter la giration sans sortir d'un plan horizontal. Quelques chiffres suffiront pour fixer à cet égard la conviction des intéressés.

Dans l'hypothèse, choisie pour les calculs numériques du 16 novembre, d'un angle de sustentation β de 5° et d'un angle de dérive θ de 15°, l'angle d'inclinaison φ_1 vers l'extérieur, pour lequel la poussée sustentatrice F et, par suite, le moment de stabilité M s'annulent, est, comme on sait, de 19°. L'angle d'inclinaison φ'_1, qui correspond au maximum du moment de stabilité statique

$$M = Fa\sin\varphi, \tag{1}$$

est de 10° seulement; tout moment capable de produire cette inclinaison conduit donc au chavirement certain. L'angle limite de stabilité dyna-

mique φ''_1, au delà duquel la sécurité cesse d'être complète, est de 4°50′ seulement.

Les angles φ_1, φ'_1, φ''_1 sont d'autant plus faibles que β est plus petit et que θ est plus grand. Or, les valeurs 5°, 15° de β et θ, adoptées comme des moyennes, ne sont nullement des limites. La Note du 16 novembre indique que, pour $\beta = 2°$, $\theta = 12°$, l'angle φ_1 descendra à 9°30′, ce qui permet d'évaluer φ'_1 à 5° et φ''_1 à moins de 3°; si θ s'élevait à 15°, avec $\beta = 2°$, l'angle φ_1 ne serait même que de 7°. Or, la composante transversale de la résistance étant beaucoup moindre, relativement à l'autre, sur les aéroplanes que sur les navires, il est très possible que les angles de 12° et de 15° soient dépassés dans la dérive. Il y a donc une véritable instabilité sur un bord, dans la giration des aéroplanes.

Pour les inclinaisons vers l'intérieur de la courbe, le calcul du moment de stabilité, qui ne s'annule qu'à 90°, est rassurant à tous égards. En faisant l'hypothèse $\beta = 5°$, $\theta = 15°$, et en supposant de plus que le rapport entre les deux vitesses de translation V_0, V_1 est égal à 1,5, ce qui permet de se servir constamment de l'expression (1) sans y remplacer jamais F par P, les chiffres obtenus sont les suivants. L'angle φ_2 correspondant au maximum de F étant, comme on le sait déjà, de 39°10′, l'angle φ'_2 qui correspond au maximum du moment M, c'est-à-dire de $F \sin \varphi$, est égal à 55°, et l'angle limite de stabilité dynamique φ''_2, en deçà duquel, dans aucune hypothèse sur la soudaineté de la force inclinante, aucun danger de chavirement ne peut surgir, est de 29°. De plus, l'angle φ_2, qui, à l'inverse de ce qui a lieu pour φ_1, diminue quand β augmente, augmente au contraire avec l'angle de dérive θ; il n'a pas été trouvé inférieur à 27°, en faisant varier les hypothèses sur β et θ, jusqu'à $\beta = 10°$ et $\theta = 8°$ seulement. On peut donc s'appuyer en toute confiance sur des inclinaisons de 15° à 18° vers l'intérieur, en attendant que l'observation de l'angle θ recule cette limite.

Comme conclusion, les aéroplanes ont besoin d'un plan vertical de dérive, qui leur assure à la fois la force centripète nécessaire aux girations et l'inclinaison de sécurité. Le même résultat peut être obtenu par un gauchissement du plan sustentateur ou un mouvement latéral du centre de gravité; mais ces procédés, instinctifs chez l'oiseau, à défaut de plan de dérive, semblent d'une complication gênante pour l'aviateur.

Le plan vertical de dérive établi très au-dessus du centre de gravité se trouve, à l'état un peu embryonnaire, sur quelques aéroplanes monoplans. L'appareil stabilisateur, avec ses cloisons verticales, en tiendrait très bien lieu, s'il était remonté suffisamment haut au-dessus du centre de gravité. Au sujet de cet appareil, il faut noter son rôle, en cas de chavirement, pour le redressement automatique possible de l'aéroplane, interrompant la chute violente qui se produit sous l'action combinée de la pesanteur et de la force F devenue négative dans deux quadrants de l'inclinaison. Ce redressement suppose que l'angle de dérive a disparu dès que le gouvernail a été abandonné à lui-même; il exige, à cet effet, une stabilité de route, qui ne se ren-

contre pas sur les navires, mais que les stabilisateurs peuvent donner aux aéroplanes.

Il faut insister, en terminant, sur la nécessité de données expérimentales, au sujet des lois de la giration aussi bien que de celles de la propulsion des aéroplanes, en faisant remarquer que l'observation du diamètre de giration et celle de l'angle de dérive deviendraient possibles si l'on parvenait à évoluer dans un plan horizontal, ce qui permettrait d'opérer suffisamment près du sol pour faire tous les relevés nécessaires.

S. A. S. le Prince **Albert de Monaco** fait hommage à l'Académie des Ouvrages suivants :

1° *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert I[er], Prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule XXXIII : *Crustacés décapodes (Pénéidés)*, provenant des campagnes de l'*Hirondelle* et de la *Princesse-Alice* (1886-1907), par E.-L. Bouvier.

2° *La Caverne d'Altamira à Santillane, près Santander (Espagne)*, par Émile Cartailhac et Henri Breuil.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux de ses Membres, qui feront partie de la Commission administrative pour l'année 1909.

MM. **Maurice Levy** et **Bornet** réunissent l'unanimité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Carl Klein*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 40,

M. Zirkel	obtient	37 suffrages
M. Lehmann	»	2 »
M. Lugeon	»	1 »

M. **Zirkel**, ayant réuni la majorité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

Le Sénat de l'Université de Genève, par l'organe du Recteur, invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes du 350e anniversaire de la fondation de l'Université, qui seront célébrées du 7 au 10 juillet 1909.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

Histoire du développement de la Chimie depuis Lavoisier jusqu'à nos jours, par A. Ladenburg, traduit de l'allemand par A. Corvisy.

MM. **W.-L. Elkin**, **M. Leriche**, **Mason-F. Smith** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales multiformes des équations différentielles algébriques du premier ordre.* Note de M. **Pierre Boutroux**, présentée par M. P. Painlevé.

Dans une Note présentée à l'Académie (*Comptes rendus*, 21 décembre 1908) je me suis proposé de ramener l'étude des branches d'une intégrale multiforme à l'étude des substitutions (S) que subit [dans l'expression de l'intégrale générale $f(x, C)$] le paramètre d'intégration C lorsqu'on passe d'une branche à une autre. Pour étudier les substitutions (S), je considère d'abord isolément chaque singularité transcendante de l'équation différentielle. Au voisinage de l'une quelconque, ξ, de ces singularités, j'étudie l'ensemble des permutations que subit une même branche d'intégrale, permutations auxquelles correspondent des substitutions simples de certains paramètres d'intégration C_1, C_2, ... convenablement choisis. Opérant de même sur tous les points ξ (dont le nombre est fini), je me trouve finalement en présence d'un certain nombre (fini) de paramètres d'intégration $C_1, \ldots, C_m$, qui sont fonctions les uns des autres, puisque l'intégrale générale ne dépend, en définitive, que d'un paramètre arbitraire. *Il suffirait alors de connaître les fonctions* $C_2(C_1), \ldots, C_m(C_1)$ *pour connaître, du même coup, toutes les substitutions* (S).

Considérons, par exemple, l'équation

$$(1)\qquad zz' + 3z - 2(x-\alpha)(x-\beta)(x-2) = 0,$$

qui admet quatre points transcendants α, β, 2, ∞. Ces points appartiennent à la classe des points que j'appelle *points* (de Briot et Bouquet) *de première espèce*. [On peut caractériser les points de cette espèce en remarquant qu'ils ont pour types les singularités transcendantes des fonctions inverses des fonctions méromorphes ; ainsi, *dans un domaine contenant un seul point de première espèce d'une fonction multiforme $y(x)$, on peut uniformiser $y(x)$ en exprimant x et y en fonction d'un paramètre t, dont x est fonction méromorphe.*]

Entourons $x = 2$ d'un petit cercle γ''. Sur le contour de γ'', les branches d'intégrales z, qui sont singulières dans γ'', se trouvent représentées par l'un ou l'autre de deux développements de Briot et Bouquet procédant suivant les puissances de $(x-2)$, $C''_1(x-2)^{\lambda''_1}$ et $(x-2)$, $C''_2(x-2)^{\lambda''_2}$ [ces développements convergent sur le contour γ'' pour les petites valeurs de $|C''_1|$, $|C''_2|$]. D'ailleurs on a toujours $\lambda''^{-1}_1 + \lambda''^{-1}_2 = -1$. Supposons, en particulier, que les parties réelles de λ''_1 et λ''_2 soient toutes deux négatives (c'est le cas le plus régulier). Appelons Z''_1, Z''_2 les deux intégrales (holomorphes en $x-2$) que donnent les développements pour $C''_1 = 0$ et $C''_2 = 0$; puis considérons la branche d'intégrale qui, en un point $\bar{x}$ du contour γ'', prend une valeur $\bar{z}$ voisine de $Z''_1(\bar{x})$ [ou de $Z''_2(\bar{x})$]. Cette branche d'intégrale présente, à l'intérieur de γ'', une demi-suite *unilinéaire* de points critiques algébriques x_0, x_{-1}, x_{-2}, ... qui converge vers $x = 2$; les seules déterminations qui s'échangent dans γ'' sont alors celles que permute cette demi-suite : elles sont toutes fournies par les deux développements de Briot et Bouquet, dans lesquels on donne à C''_1 et C''_2 des valeurs liées par la relation (¹)

$$(2)\qquad C''^{\lambda''^{-1}_1}_1 = C''^{\lambda''^{-1}_2}_2.$$

Voilà (à certaines modifications près, quand les parties réelles de λ''_1, λ''_2 ne sont pas toutes deux négatives) ce que donne l'étude de l'équation (1) dans un domaine contenant un seul point transcendant : *les substitutions fondamentales subies par C''_1 et C''_2 sont les substitutions $(C''_1, e^{2i\pi\lambda''_1}C''_1)$, $(C''_2, e^{2i\pi\lambda''_2}C''_2)$, et le passage d'un paramètre à l'autre s'effectue au moyen de la relation* (2).

(¹) C''_1 et C''_2 ne sont définis qu'à des facteurs constants près : on devra choisir ces facteurs convenablement si l'on veut obtenir, sous la forme (2), la relation de C''_2 à C''_1.

Comment, maintenant, opérerons-nous le passage des paramètres C''_1, C''_2 aux paramètres analogues fournis par les autres singularités de l'équation? Entourons, par exemple, le point β d'un petit cercle γ'; appelons λ'_1, λ'_2 les deux exposants relatifs à ce point, et C'_1, C'_2 les paramètres qui figurent dans les deux développements de Briot et Bouquet convergents sur le contour γ'. *Comment* C'_1 *est-il fonction de* C''_1 ?

Traçons encore un cercle D de très grand rayon et suivons une branche d'intégrale z le long d'un rayon qui s'éloigne indéfiniment à l'extérieur de D. Nous avons, sur ce rayon, soit

$$3z = 3x^2 \quad -[2(\alpha+\beta)+7]x+3\theta \qquad (\theta \text{ fini pour } x=\infty),$$

soit

$$3z = -3x^2-[2(\alpha+\beta)+1]x+3\tau \qquad (\tau \text{ fini pour } x=\infty).$$

Les fonctions θ et τ de x^{-1} satisfont à des équations de Briot et Bouquet dont l'exposant λ est l'entier 2. En conséquence, θ, par exemple, est représentée sur le contour D par un développement procédant suivant les puissances de x^{-1} et $(C_1+\eta_1 \log x)x^{-2}$, développement où η_1 est une fonction rationnelle de α, β, tandis que C_1 est un paramètre d'intégration. *Comment ce paramètre* C_1 *est-il fonction de* C''_1 *ou de* C'_1 ?

Pour répondre à ces questions, j'ai recours à la *méthode de continuité*, méthode qui consiste à faire varier les coefficients d'une équation et à suivre, pendant cette variation, la transformation des intégrales.

Supposons, par exemple, que nous voulions étudier la nature des fonctions $C''_1(C'_1)$, $C_1(C'_1)$. Nous donnerons d'abord à α et β des valeurs pour lesquelles ces fonctions soient aisément connaissables; puis nous ferons varier α et β d'une manière continue jusqu'à telles valeurs qu'il nous plaira de considérer.

Prenons

$$\beta = 2\alpha+1.$$

Alors l'équation (1) admet, comme solution particulière, le polynome

$$P = (x-\beta)(x-2).$$

Considérons une branche d'intégrale voisine de P : cette branche ne peut être singulière qu'au voisinage immédiat des points β, 2, ∞, c'est-à-dire à l'intérieur de γ' ou de γ'', ou à l'extérieur de D. Et il en sera ainsi, non seulement pour l'équation (1) où

$$\beta = 2\alpha+1,$$

mais encore *pour les équations* (1) *où* β *est voisin de* $2\alpha+1$. Plaçons-nous donc tout de suite dans ce dernier cas [1]. Il existe une région du plan où une même intégrale z voisine de P (définie par les conditions initiales $\bar{x}$, $\bar{z}$ stipulées plus haut) est représentée simultanément par les trois développements procédant suivant les puissances de $(x-\beta)$ et $C'_1(x-\beta)^{\lambda'_1}$, de $(x-2)$ et $C''_1(x-2)^{\lambda''_1}$, de x^{-1} et $(C_1+\eta_1 \log x)x^{-2}$. *Ces développements (égalés entre eux) définissent donc les fonctions* $C''_1(C'_1)$ *et* $C_1(C'_1)$ *au voisinage de* $C'_1=0$. Le prolongement de ces fonctions dans tout le plan de la variable C'_1 devient alors un problème déterminé.

A supposer que ce problème soit résolu, il ne nous restera plus qu'à faire varier arbitrairement les coefficients α, β à partir de leurs valeurs initiales, puis à répéter sur tous nos paramètres d'intégration ce que nous aurons fait sur C'_1, C''_1 et C_1.

PHYSIQUE. — *Les ondes dirigées en télégraphie sans fil.* Note de M. **Albert Turpain.**

M. Blondel (*Comptes rendus*, 19 octobre 1908) veut voir comme *unique* inspiration du système des ingénieux savants italiens (MM. Bellini et Tosi) le principe de l'association d'antennes à phases différentes qu'il aurait indiqué en 1903, cinq ans après que j'eus *le premier* mis expérimentalement en évidence l'intérêt qu'il y a à décaler les uns par rapport aux autres deux ou plusieurs systèmes d'ondes.

La parenté qui existe entre les idées de décalage et de différence de phase n'a pas à être signalée à des physiciens.

J'ai indiqué les propriétés des champs interférents à une époque (1898 et 1899) où M. Blondel n'avait pas encore appliqué son très grand talent d'investigation dans le domaine des ondes électriques. Bien que j'aie pris soin de marquer les principes de ces recherches et leurs résultats dans plusieurs Ouvrages (*Recherches expérimentales sur les ondes électriques*, p. 58-74 et 147; Paris, A. Hermann, 1899. — *Les applications pratiques des ondes électriques*, Paris, C. Naud, 1902), M. Blondel semble ne connaître à leur sujet que certains passages, et les moins importants, d'un article de la

[1] Pour $\beta=2\alpha+1$, on a simultanément $C'_1=C''_1=C_1=0$. En ce cas, d'ailleurs, $C''_1\equiv C'_1$.

Revue scientifique. Un champ interférent ne se définit pas expérimentalement en faisant partir deux fils d'une même plaque ou de deux plaques voisines du *même plateau* de l'excitateur, mais bien en empruntant le champ à deux plaques respectivement voisines des *deux plateaux* de l'excitateur et en donnant *à un seul des deux fils une longueur additionnelle de* $\frac{\lambda}{2}$.

L'idée qui me paraît avoir été féconde, si j'en juge par les résultats obtenus par mes successeurs, est d'avoir créé cette différence de marche de $\frac{\lambda}{2}$, d'en avoir étudié les effets, d'avoir *le premier* combiné des ondes présentant des retards correspondant à $\frac{\lambda}{2}$, et cela à une époque (1898) où les phénomènes des oscillations électriques étaient loin d'être aussi familiers aux physiciens qu'à l'heure actuelle.

Ce point n'a pas échappé à M. Ferrié que justement M. Blondel cite (*Comptes rendus*, 19 octobre, p. 673, note 1) et qui justement signale

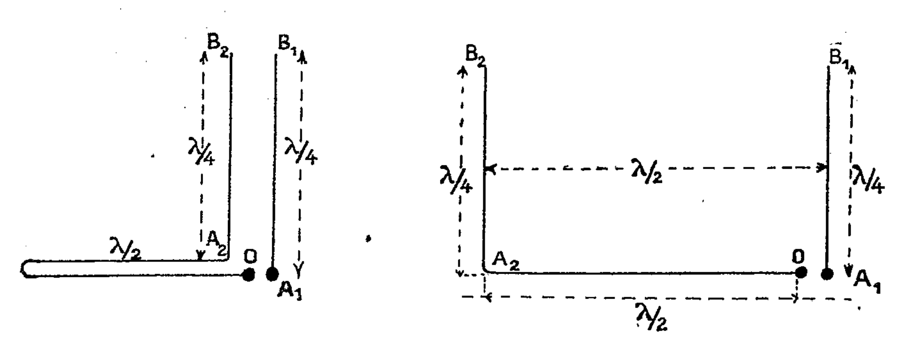


Fig. 1. — Champ interférent de M. Turpain.

Fig. 2. — Champ de concentration de M. Blondel. (Angers, 1903, *A. F. A. S.*, 2e Partie, p. 375, *fig.* 1.)

(J. Boulanger et G. Ferrié, *La Télégraphie sans fil*, 5e édition; Paris, Berger-Levrault, 1904, Chapitre VI, p. 103, note 1) l'antériorité de mes recherches.

Les deux figures ci-dessus, qui permettent la comparaison du dispositif que j'ai imaginé (*Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 31 mars 1898; *Comptes rendus*, 28 mars 1899) et du dispositif de M. Blondel (*Comptes rendus du Congrès de l'A. F. A. S.*, Angers, 1903, p. 375, 2e Partie) marquent d'une façon nette leurs parentés, le perfectionnement que M. Blondel a apporté à mes dispositifs et légitiment, par suite, notre réclamation de priorité.

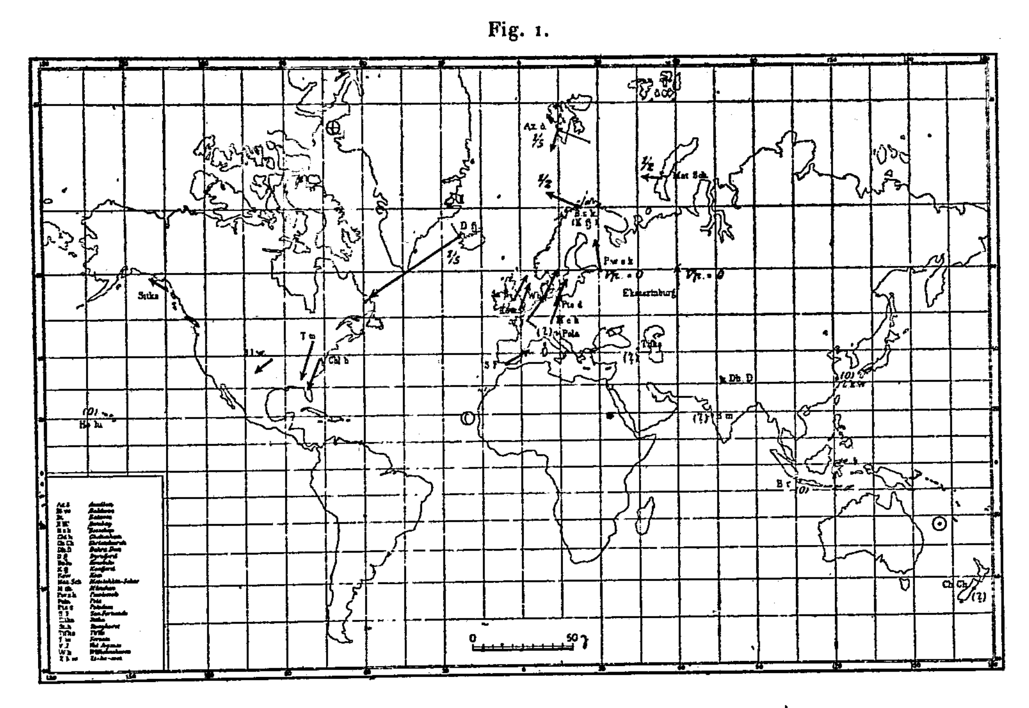
MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Les orages magnétiques polaires et les aurores boréales.* Note (1) de M. **Kr. Birkeland**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans une Note précédente (2) j'ai exposé quelques résultats auxquels je suis arrivé dans le premier Volume de mon Ouvrage *The norvegian Aurora Polaris Expedition,* 1902-1903 (3).

Nous avons vu que le champ horizontal magnétique de perturbation au cours d'un orage polaire élémentaire peut se représenter typiquement par le diagramme 1 de la Note citée.

Par la figure 1 ci-dessous on voit par exemple la direction et l'intensité

Fig. 1.



relative des flèches de courant au cours d'un tel orage négatif. On aperçoit facilement comment cette Carte s'accorde bien avec le diagramme précédent.

---

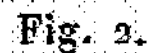
(1) Présentée dans la séance du 28 décembre 1908.

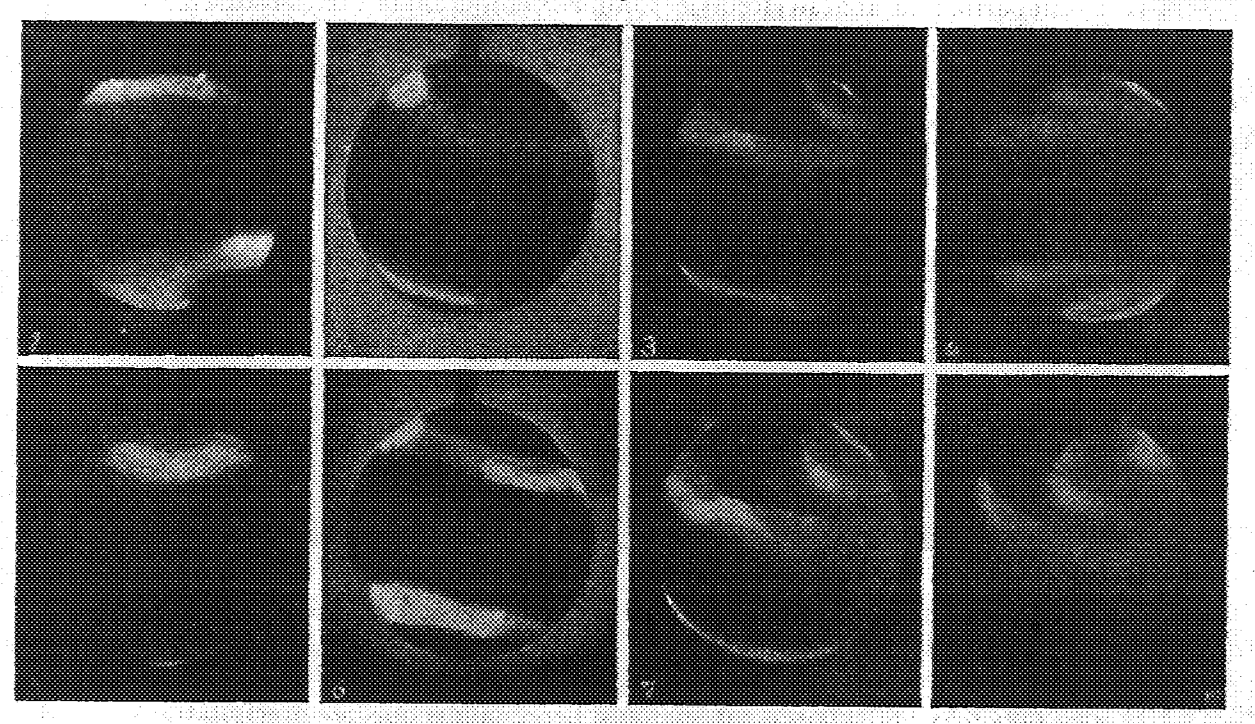
(2) *Comptes rendus,* 21 septembre 1908.

(3) Librairies : C. Klincksieck, Paris; Longmans, Green et Cie, London et New-York; Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

C'est par des Cartes pareilles que j'ai, pour un grand nombre d'orages, représenté graphiquement les résultats d'observations pour 161 époques différentes.

Les orages polaires négatifs, élémentaires et complexes, s'expliquent bien en étudiant les expériences représentées figures $4a$ et $4b$ dans ma Note précédente et dans la figure 2 ci-dessous. L'expérience représentée figure 2


Fig. 2.



est à peu près la même, correspondant au solstice d'hiver et à 6^h du matin au pôle magnétique Nord, mais les huit photographies sont toutes prises de points de vue différents.

La pression employée dans le tube de décharge était de $0^{mm},02$, excepté dans le cas 7 où elle était de $0^{mm},013$. Le courant parcourant le tube était ordinairement de 8 milliampères avec un voltage de 3300, emprunté à une machine Thury à courant continu, tension jusqu'à 20000 volts. Le courant d'aimantation de la petite sphère (*terrella*) était de 33 ampères. Pour la détermination exacte des huit positions, je renvoie à mon Ouvrage cité, et j'indique seulement ici qu'on voit les précipitations successivement du côté de l'après-midi, de minuit et du matin, la cathode représentant le Soleil.

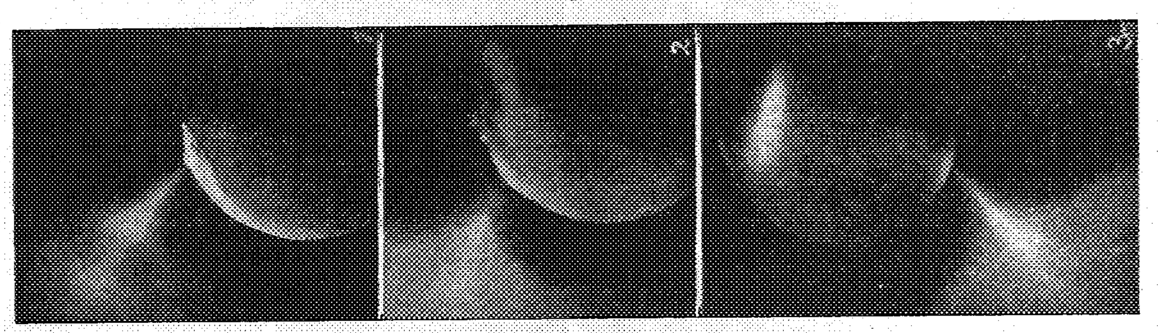
Comme phénomène principal, nous avons les spirales lumineuses, les

anneaux presque fermés formés autour et à une certaine distance des pôles magnétiques de la petite sphère. Ces spirales varient un peu de position avec la rotation de la sphère et je les considère comme répondant aux ceintures aurorales de la Terre.

Ces rubans continus de lumière rappellent une hypothèse très remarquable et très ingénieuse, émise par A.-E. Nordenskiöld [1]. Il admet que l'arc ordinaire de l'aurore boréale, tel qu'il l'a vu dans le détroit de Bering, faisait partie d'un anneau circulaire lumineux entourant la Terre et situé dans un plan normal au rayon terrestre aboutissant en un point voisin du pôle magnétique (81° de latitude Nord, 80° de longitude Ouest Greenwich). Il conclut que le plan contenant l'arc auroral, et normal au rayon terrestre, coupe ce rayon à 125^{km} au-dessous de la surface terrestre. Dans ce plan la



Fig. 3.



partie la plus basse de l'anneau d'aurore boréale serait à 200^{km} environ au-dessus de la surface terrestre.

La première grande précipitation est composée de rayons descendant à peu près perpendiculairement sur la sphère, tandis que les précipitations du côté nuit doivent être produites par des rayons plutôt frôlant la sphère de très près (voir *fig.* 5*a*, Note précédente). Des rayons correspondants, frôlant la Terre du côté nuit, seraient généralement producteurs d'orages magnétiques. Un autre phénomène remarquable se voit figure 3, où l'on voit le cône de succion des rayons vers les pôles de la sphère. On aperçoit dans les photographies jusqu'à trois nappes dans ces cônes lumineux. Comparer figure 3 dans la Note de M. Störmer, *Comptes rendus*, 10 septembre 1906.

---

(1) A.-E. Nordenskiöld, *Vega-Expeditionens vetenskapliga Iakttagelser*; försla Bandet, p. 417. Stockholm, 1882.

L'intensité du courant corpusculaire qui frôle la Terre au côté nuit, dans la ceinture de précipitation, doit être tout à fait formidable. Le plus souvent ce courant passe entre le Spitzberg et la Norvège, de sorte que nous avons pu calculer qu'il emporte de l'énergie correspondant à plus d'un milliard de chevaux, c'est-à-dire 200 fois supérieure à celle que peuvent développer toutes les chutes d'eau de la Norvège réunies, alors même qu'on aurait régularisé de la façon la plus parfaite tous les bassins hydrographiques du pays.

En partant d'une telle précipitation dans les régions polaires de la Terre, on trouvera que, dans les taches solaires, il doit exister une désintégration d'un tel ordre qu'on pourra s'imaginer que la chaleur solaire pourrait bien avoir son origine dans la désintégration de la matière (1).

PHYSIQUE. — *Modifications de la différence de potentiel au contact de deux dissolutions aqueuses d'électrolytes sous l'action du courant continu.* Note de M. **M. Chanoz**, présentée par M. d'Arsonval.

Certaines recherches en cours sur la polarisation électrique des tissus vivants (2) m'ont amené à envisager le problème suivant :

Soit

$$\underset{[1]}{\mathrm{MR}\,|}\,\mathrm{M'R'}\,\underset{[2]}{|\,\mathrm{MR}}$$

une chaîne liquide symétrique pour les concentrations. Le passage d'un courant continu à travers cette chaîne provoquera-t-il une dissymétrie entre les contacts [1] *et* [2], *se traduisant par quelque phénomène électrique décelable après la suppression du courant?*

L'expérience m'a nettement prouvé dans un grand nombre de cas que, sous certaines conditions, il y avait dans la chaîne liquide ainsi traitée *création d'une force électromotrice* E. Cette force électromotrice E est tantôt opposée au courant utilisé, *comme s'il s'agissait* d'un phénomène de polarisation, tantôt dirigée *dans le même sens* que lui (3).

E se met facilement en évidence quand on observe les conditions sui-

(1) *Voir* Rutherford et Soddy, *Phil. Mag.*, mai 1903.

(2) M. Chanoz, *Comptes rendus*, 9 novembre 1908, p. 846.

(3) Dubois-Reymond avait, en 1856, noté l'existence d'une *polarisation à la limite d'électrolytes différents* à la suite de quelques essais sur un petit nombre de substances.

vantes : 1° la couche de transition *inévitable* entre MR et M'R' doit être aussi mince que possible; 2° le courant électrique doit avoir une *densité* suffisante au niveau des contacts [1] et [2]. Si cette double condition n'est pas remplie, on n'obtient que des valeurs faibles pour E.

Une analyse complète du phénomène nécessite l'étude de chacun des contacts [1] et [2]; il faut pouvoir les comparer à un troisième contact

MR | M'R'
[o]

non traversé par le courant continu. On devra donc pouvoir mesurer les différences de potentiel

$$V_1 - V_0, \qquad V_2 - V_0,$$

existant entre les MR des contacts [o], [1], [2].

Pour réaliser ces divers desiderata, j'opère actuellement de cette façon :

Technique. — Un tube de verre en T à trois branches égales est étiré identiquement, à chaque extrémité, en pointe légèrement conique. Les trois terminaisons de ce tube sont courbées normalement au plan qui les contient, de telle façon que les ouvertures sont dans un deuxième plan parallèle au précédent. Ce tube, bien nettoyé, est rempli de la solution M'R' puis disposé convenablement pour que chacune de ses trois extrémités plonge dans un flacon poudrier approprié, plein à déborder du liquide MR.

On a ainsi, à l'extrémité des pointes, les contacts MR | M'R' appelés [o], [1], [2].

Le courant, d'une densité variant (suivant M'R') de 2 milliampères à 20 ampères par centimètre carré au niveau des contacts liquides, ayant agi un temps suffisant (quelques minutes), on mesure les différences de potentiel

$$V_1 - V_2, \qquad V_1 - V_0,$$

au moyen d'électrodes impolarisables au calomel plongeant dans les flacons de MR, et réunies en temps opportun à un électromètre capillaire de Lippmann connecté avec le potentiomètre Carpentier. Par différence on calcule $V_2 - V_0$.

Résultats. — Voici, réunis dans le Tableau suivant, quelques-uns de mes résultats.

Solutions		Variation du potentiel de MR en α et β par rapport au potentiel de MR en [o].		Force électromotrice totale mesurée dans la chaîne :
MR.	M'R'.	$V_1 - V_0$ en millivolts.	$V_2 - V_0$ en millivolts.	$E = V_1 - V_2$ en millivolts.
NaCl saturée.....	$KCl \frac{N}{1000}$	+ 4,5	− 18,5	+ 23
»	AzH^4Cl très diluée	+ 6	− 15,5	+ 21,5
»	$HgCl^2$ concentrée	+ 2	− 54	+ 56
»	$MgCl^2 \frac{N}{100}$	− 4,5	+ 20,5	− 25

Solutions MR.	Solutions M'R'.	Variation du potentiel de MR en α et β par rapport au potentiel de MR en [o]. $V_1 - V_0$ en millivolts.	$V_2 - V_0$ en millivolts.	Force électromotrice totale mesurée dans la chaîne : $E = V_1 - V_2$ en millivolts.
Na Cl saturée.....	$MnCl^2 \frac{N}{100}$	-7	$+20$	-27
»	$HCl \frac{N}{500}$	$+48$	-140	$+188$
»	$NaOH \frac{N}{100}$	$+49$	-12	$+61$
»	$Na^2SO^4 \frac{N}{100}$	-46	$+7$	-53
»	$Na^2CO^3 \frac{N}{100}$	-54	$+6$	-60
»	$SO^4H^2 \frac{N}{100}$	$+6$	-82	$+88$
»	$SO^4Mg \frac{N}{100}$	-50	$+32$	-82
»	$SO^4Cu \frac{N}{100}$	-49	$+27$	-76
H Cl, 5 N.........	$HCl \frac{N}{5000}$	-1	$+6$	-7
»	$NaCl \frac{N}{5000}$	-10	$+15$	-25
Na OH, 4 N.......	$NaOH \frac{N}{1000}$	-21	$+4$	-25
»	$NaCl \frac{N}{100}$	-40	$+5$	-45
»	$Na^2SO^4 \frac{N}{100}$	-85	$+7$	-92
SO^4Na^2 saturée...	$NaCl \frac{N}{10}$	$+19$	-7	$+26$
» ...	$SO^4H^2 \frac{N}{100}$	$+25$	-47	$+72$
K Cl saturée......	$NaCl \frac{N}{500}$	-5	$+20$	-25
»	$HCl \frac{N}{500}$	$+30$	-58	$+88$
»	$NaOH \frac{N}{100}$	$+40$	-21	$+61$
$MnCl^2$ concentrée.	$NaCl \frac{N}{500}$	$+6$	-24	$+30$
» .	$HCl \frac{N}{500}$	$+76$	-180	$+256$

On suppose dans ce Tableau que la chaîne

$$\alpha \mathrm{MR} \underset{[1]}{|} \mathrm{M'R'} \underset{[2]}{|} \mathrm{MR}\beta,$$

a son côté α réuni au pôle (+) de la source électrique et, par suite, le côté β au pôle (—).

Conclusions. — Mes premiers résultats expérimentaux permettent les déductions suivantes :

1° Le passage d'un courant continu à travers le contact de deux dissolutions *aqueuses* d'électrolytes MR, M'R' est capable de modifier la différence de potentiel entre ces deux liquides.

2° La variation de potentiel produite dépend, pour l'*intensité* et le *signe,* non seulement de la nature des dissolutions MR, M'R', mais aussi du *sens de passage* du courant à travers le contact considéré.

PHYSIQUE. — *Influence de la qualité de l'éclairement sur la reproduction photographique des couleurs.* Note de M. **J. Thovert**, présentée par M. J. Violle.

La simplicité de manipulation des plaques *autochromes* qui fournissent des reproductions très satisfaisantes des colorations, facilitera l'étude de certains problèmes intéressant le mécanisme des sensations colorées et de leur reproduction. Quelques observations faites avec ces plaques, relativement à l'influence de la qualité de l'éclairement, forment l'objet de la présente Note.

On sait que la technique actuelle de la plaque autochrome ne permet d'obtenir une reproduction convenable de la sensation colorée que si les objets sont éclairés par la lumière du jour. L'explication peut être rapportée à la sensibilité particulière de l'émulsion qui exige l'intervention d'un écran *coloré;* le rôle de cet écran consiste à former pour l'action photographique un réseau coloré analyseur dont les teintes sont différentes de celles du réseau servant à composer la sensation colorée. On peut se demander, ayant réalisé une émulsion permettant la photographie sans écran supplémentaire, c'est-à-dire employant comme analyseurs les écrans mêmes qui formeront la couleur résultante, si la reproduction des couleurs au moyen de cette émulsion serait bonne, quelle que soit la qualité de l'éclairement.

L'expérience m'a montré que ce résultat ne peut pas être atteint. J'ai

modifié la sensibilité de l'émulsion des autochromes de façon à n'utiliser pour la photographie qu'un écran d'esculine absorbant les radiations de très courte longueur d'onde jusqu'à $\lambda = 0^{\mu},41$ [1]; la teinte de cet écran était très faible et ne modifiait pas d'une façon sensible les couleurs du réseau de grains de fécule.

Ces plaques fournissent des reproductions satisfaisantes avec l'éclairement du jour, mais donnent des épreuves aussi défectueuses que les plaques ordinaires si les objets sont éclairés par une lumière artificielle (autre que l'arc électrique).

En particulier, les résultats obtenus sous la lumière d'un éclair magnésique marquent un défaut considérable de sensibilité dans le vert. Une modification différente de la sensibilité de l'émulsion permet d'obtenir avec un écran tout à fait incolore [2] des résultats satisfaisants à la lumière magnésique, mais les plaques ne conviennent plus alors aux reproductions sous la lumière du jour.

Ces résultats paraissent donner une certaine force aux considérations suivantes :

La *couleur* considérée comme fonction de trois sensations élémentaires dépend de l'intensité photométrique de chacune de ces sensations mesurée en la rapportant à l'intensité maxima correspondante donnée par la source éclairante adoptée. Ce rapport ne dépend que du système d'écrans réalisant les sensations élémentaires et non pas de la qualité de l'éclairement; une reproduction colorée ayant été réalisée satisfaisante avec un éclairement donné, on pourra la regarder sous un éclairement de nature quelconque et retrouver suffisamment correcte la coloration générale, telle que la fourniraient les objets reproduits, éclairés eux-mêmes par la source lumineuse

---

[1] Ce résultat s'obtient en immergeant la plaque autochrome pendant 2 minutes dans une solution aqueuse contenant $\frac{1}{30000}$ de pinaverdol plus $\frac{1}{600000}$ de pinacyanol, ou $\frac{1}{50000}$ de pinaverdol plus $\frac{1}{100000}$ de pinachrome. Rincer abondamment et sécher assez rapidement.

La rapidité des plaques ainsi préparées est 5 à 6 fois plus grande que celle de la plaque ordinaire et permet des instantanés en très bonne lumière avec une ouverture d'objectif d'environ $f/6$.

[2] Immerger la plaque ordinaire pendant 2 minutes dans une solution aqueuse contenant $\frac{1}{10000}$ d'érythrosine; rincer *vivement* et sécher.

L'écran d'esculine à employer dans ce cas n'arrêtera les radiations que jusqu'à $\lambda = 0^{\mu},39$.

La rapidité de ces plaques est assez grande pour obtenir les instantanés à l'éclair magnésique dans les conditions ordinaires en doublant seulement les doses de poudre employées.

employée. C'est ainsi que les épreuves autochromes réussies quant à la technique photographique, donnent encore toute satisfaction lorsqu'on les examine à la lumière d'une flamme de pétrole ou d'une lampe à incandescence.

L'action photographique qui intervient dans la reproduction dépend de la valeur relative de l'intensité de chaque sensation élémentaire colorée, puisqu'on règle la durée de pose en raison de l'intensité générale de l'image à reproduire. Mais le rapport du bromure réduit au bromure total qui mesure, après inversion, le coefficient de transmission à travers un écran, donné, ne coïncidera avec le rapport mesurant l'intensité relative de la sensation élémentaire correspondante que si, avec la durée de pose adoptée, l'intensité maxima de cette sensation amène juste la réduction totale du bromure. Or, cette condition ne peut être réalisée *simultanément* derrière les trois écrans élémentaires que pour une composition particulière de l'éclairement ou, l'éclairement étant imposé, pour une courbe de sensibilité particulière de l'émulsion. On s'explique ainsi qu'il est impossible de réussir correctement une reproduction de sensations colorées par l'intermédiaire d'une action photographique totale sans régler d'une façon *précise* la courbe de sensibilité de l'émulsion en fonction de l'éclairement employé (¹).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la congélation des mélanges d'eau et d'acides gras solubles.* Note de M. A. **Faucon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Je me suis proposé d'étendre aux acides gras miscibles en toutes proportions dans l'eau, les expériences faites par Grimaux (²) et De Coppet (³) sur la congélation des mélanges d'eau et d'acide acétique. J'ai construit les courbes représentant les points de cristallisation commençante des différents mélanges et cherché, par l'interprétation des diagrammes, les eutectiques et les hydrates que pouvaient former les acides étudiés.

Acide formique. — L'acide employé, purifié par plusieurs cristallisations fractionnées, fondait à $+8°,3$.

(¹) C'est probablement dans cette nécessité qu'il faut voir la cause essentielle de l'accentuation sur les épreuves autochromes des couleurs dominantes dans l'éclairement; on obtient, par exemple, des ombres aussi bleues que le ciel lui-même lorsque ces ombres ne reçoivent que la lumière diffusée par un ciel très pur.

(²) Grimaux, *Bull. Soc. chim.*, 1re série, t. XIX, 1873, p. 393.

(³) De Coppet, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XVI, 1899, p. 275.

L'étude de la congélation des mélanges d'eau et d'acide formique ne décèle pas d'hydrate. Les courbes représentant les points de congélation offrent quelques irrégularités de l'ordre des erreurs d'expériences, étant donnée la tendance remarquable à la surfusion présentée par de pareils mélanges.

Le graphique est formé de deux courbes représentant, l'une la congélation des mélanges riches en eau, l'autre la congélation des mélanges riches en acide; elles se coupent à un angle vif, en un point d'eutexie.

Le mélange eutectique a pour formule

$$CH^2O^2 + 1,14H^2O$$

et se congèle à $-48°$.

Acide acétique. — L'allure du graphique est analogue à celui de l'acide formique. L'une des courbes, représentant la congélation des mélanges riches en eau, part de 0°; l'autre, représentant la congélation des mélanges riches en acide, part de $+16°,7$, point de fusion de l'acide employé; toutes deux se rencontrent en un point d'eutexie de composition

$$C^2H^4O^2 + 2,40H^2O,$$

se congelant à $-27°$.

Acide propionique. — L'étude de cet acide offrait un intérêt particulier à cause de sa température de solidification assez basse. Après plusieurs cristallisations l'acide employé se solidifiait à $-19°,6$ en paillettes cristallines, brillantes, grisâtres.

Le diagramme ne m'a pas décelé d'hydrate mais simplement un eutectique de composition

$$C^3H^6O^2 + 0,578H^2O,$$

se congelant à $-29°,4$. Donc, malgré son point de fusion relativement bas, cet acide forme un eutectique se solidifiant à une température supérieure à l'eutectique de l'acide formique, bien près de la température de l'eutectique de l'acide acétique.

En résumé, l'étude des mélanges d'eau et des acides étudiés ne nous a pas décelé d'hydrate. Le diagramme représentant la congélation des mélanges d'eau et d'acide butyrique semble s'écarter des précédents et nous nous proposons à l'heure actuelle d'approfondir cette étude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Densité du méthane; poids atomique du carbone.* Note de MM. **Georges Baume** et **F.-Louis Perrot**, présentée par M. G. Lemoine.

I. Parmi les gaz usuels difficilement liquéfiables, le méthane est celui dont la densité est connue avec la plus faible exactitude [1]; nous avons

---

(1) Les résultats obtenus par les divers expérimentateurs donnent, *comme poids du litre normal,* des nombres variant entre 0g,716 et 0g,720 (Cf. Thomson, *Gmel. Handb.;* Th. Schloesing fils, *Comptes rendus,* t. CXXII, 1896, p. 398; Moissan et Chavanne, *Ibid.,* t. CXL, 1905, p. 407).

cherché à combler cette lacune, car le méthane permet, avec l'oxyde de méthyle et le chlorure de méthyle, déjà étudiés par l'un de nous [1], de rapporter les trois poids atomiques de l'hydrogène, du carbone et du chlore à celui de l'oxygène, base du système actuellement adopté.

II. Comme dans la plupart des recherches de ce genre [2], nous avons employé la méthode *du ballon*, en apportant aux mesures les corrections jugées nécessaires au cours des travaux modernes (contraction des ballons par le vide, réduction des pesées au vide, etc.).

Le gaz, préparé par l'action de l'eau sur l'iodure de méthylmagnésium, a été lavé à l'eau, à la potasse, à l'acide sulfurique et séché sur une colonne d'anhydride phosphorique; nous avons achevé de le purifier par liquéfaction et distillations fractionnées sous pression réduite. Il faut, dans cette dernière opération, éliminer toute trace d'air, que le méthane liquide dissout d'une façon appréciable, ainsi que nous avons pu le constater, soit par des expériences directes, soit par des mesures de densités. Cette solubilité étant beaucoup plus faible dans le méthane solide, il en résulte, au moment de la solidification, un *rochage* décelé par les manomètres de l'appareil, entièrement construit en verre soudé. On peut alors, en combinant les rochages et les distillations, obtenir assez rapidement du méthane pur, dont nous avons pris la densité.

III. Lors d'une mesure, le gaz, conservé à l'état liquide dans l'ampoule C, remplit à la fois trois ballons β_1, β_2, β_3, de volumes différents ($0^l,31759$, $0^l,52766$, $0^l,81763$), à 0° et à une pression voisine de 760^{mm} de mercure (mesurée par le manomètre T) pour éviter les corrections de compressibilité.

Comme dans nos expériences antérieures [3], nous avons remplacé la pesée des ballons vides par leur pesée avec une petite quantité de gaz sous faible pression (1^{mm} à 2^{mm}) indiquée par un vacuummètre V donnant $\frac{1}{50}$ de millimètre; d'où, par une correction très simple, le poids des ballons vides.

Voici nos résultats définitifs, l'unité étant le *poids du litre normal* (0°, 760^{mm}, au niveau de la mer et à la latitude de 45°) :

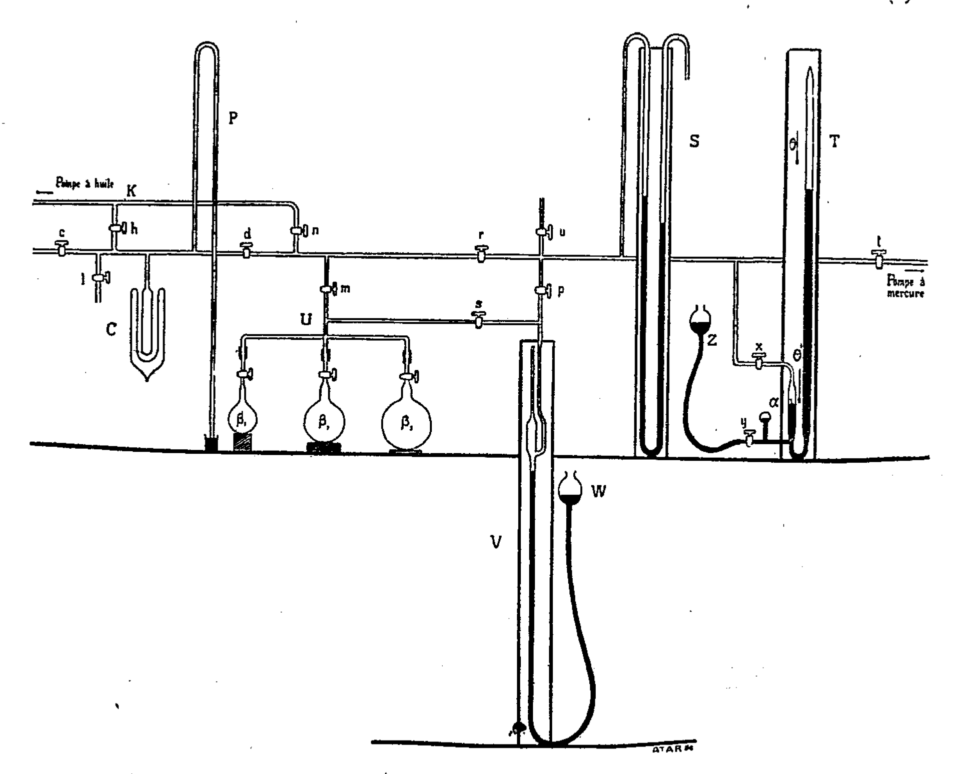
Ballon β_1	0g,71690	0g,71669	0g,71636	0g,71672
Ballon β_2	0,71657	0,71751	»	0,71678
Ballon β_3	0,71633	»	»	0,71725

(1) G. BAUME, *Journ. de Chim. physique*, t. VI, 1908, p. 1.

(2) Cf. PH.-A. GUYE, *Journ. de Chim. physique*, t. I, 1907, p. 203, et *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, Vol. XXXV, fasc. 4, 1908, p. 531.

(3) G. BAUME, *loc. cit.*; G. BAUME et F.-L. PERROT, *Journ. de Chim. phys.*, t. VI, 1908, p. 610. — Toutes nos pesées ont été effectuées par la méthode des oscillations (avec contrepoids).

La moyenne de ces neuf déterminations ($L = 0,7168$) est inférieure de $\frac{1}{2000}$ à la valeur réduite des expériences de Moissan et Chavanne; elle concorde *exactement* avec la densité du méthane calculée en 1898 par A. Leduc dans son Mémoire classique sur la *loi des volumes moléculaires* (1).



IV. Nous avons appliqué au résultat de nos mesures les méthodes actuellement en usage pour la détermination physico-chimique du poids moléculaire M des gaz; d'où les valeurs suivantes pour le poids atomique C du carbone (2).

Volumes moléculaires (A. Leduc)...............	$M = 16,035$	$C = 12,004$
Densités-limites (D. Berthelot)..................	$M = 16,036$	$C = 12,005$
Réduction des éléments critiques (Ph.-A. Guye)..	$M = 16,034$	$C = 12,003$

(1) A. Leduc, *Recherches sur les gaz* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e s., t. XV, 1898, p. 94).

(2) Nous avons adopté les constantes critiques déterminées par Olszewski (*Comptes rendus*, t. C, 1885, p. 490 : $T_c = 191°,2$ abs.; $p_c = 54^{atm},9$. Nous avons admis la valeur $H = 1,0077$, moyenne des expériences de Morley et de W.-A. Noyes (*Journal amer. chim. Soc.*, t. XXIX, 1907, p. 1738).

La moyenne de ces trois nombres ($C = 12,004$) présente un accord satisfaisant avec l'ensemble des déterminations chimiques et physico-chimiques effectuées jusqu'à ce jour, dont les résultats viennent se grouper autour de la valeur $C = 12,002$ (1).

V. Rappelons, en terminant, que le méthane se solidifie facilement dans l'air liquide. Il fond (2) à $-184°$ en un liquide incolore, mobile, dont nous avons pris la densité : celle-ci varie de 0,477 à 0,466 (environ), entre le point de fusion du méthane et sa température d'ébullition sous pression normale ($-164°$).

Ces résultats sont supérieurs au triple de la densité critique du méthane ($d_c = 0,145$), calculée par M. Mathias au moyen de la *loi du diamètre rectiligne;* le *volume minimum* du méthane est donc inférieur au tiers de son volume critique, contrairement aux indications de l'équation de Van der Waals.

MM. Mathias et D. Berthelot ont d'ailleurs montré la généralité de ce fait, au cours de leurs beaux travaux sur les propriétés physico-chimiques des fluides (3).

CHIMIE. — *A propos du poids atomique de l'argent.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. D. Gernez.

I. Suivant M. Dubreuil (4) j'ai donné pour la densité de l'hydrogène

$$0,06948 \pm 0,00006745.$$

Il me paraît avoir été induit en erreur par M. Clarke, qui a tiré de mes expériences cette conclusion erronée dont je ne suis pas responsable.

Ayant discuté mes expériences en faisant appel aux considérations ordinaires, j'ai donné pour cette densité

$$0,06948 \pm 0,00001,$$

ce qui est tout différent.

Du calcul de M. Clarke il résulte que l'erreur de mes pesées pouvait atteindre 2^{mg}.

---

(1) Cf. Ph.-A. Guye, *Journal de Chimie physique*, t. IV, 1906, p. 179.

(2) Moissan et Chavanne, *loc. cit.;* Olszewski, *loc. cit.*

(3) Cf. D. Berthelot, *Comptes rendus*, t. CXXX, 1900, p. 713; E. Mathias, *Le point critique des corps purs*, Paris, 1904, *passim*.

(4) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1301.

Ceux qui connaissent mes expériences savent que cette limite est dix fois trop élevée.

II. Plus loin, M. Dubreuil reconnaît que les deux dernières décimales au moins des nombres qu'il utilise n'ont rien à voir avec l'expérience (on pourrait donc les remplacer par d'autres arbitrairement choisies); mais il déclare que ces décimales lui sont indispensables, car, si on les supprimait, bon nombre de coefficients de ses équations deviendraient nuls.

Ce détail me semble condamner la méthode; car il n'y a guère de rapports analytiques qui soient déterminés *expérimentalement* avec les cinq ou six décimales nécessaires.

III. Dans une Note insérée à la suite de celle de M. Dubreuil, M. Hinrichs (¹) accueille les résultats de ce dernier et déclare qu'en raison de certaines *harmonies* il revient fermement au nombre entier (Ag = 108), bien qu'il soit en contradiction avec les expériences de Stas et de Richards.

Il convient de rappeler que, pour la même raison esthétique, Dumas tint à prendre O = 16 pour H = 1, tandis que ses expériences donnaient 15,96 (voir Stas).

J'ai montré qu'il fallait descendre au contraire à 15,88, nombre confirmé depuis (H = 1,0076 pour O = 16).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les siliciures d'hydrogène.* Note de M. P. LEBEAU, présentée par M. Le Chatelier.

Dans le cours de recherches sur la formation des siliciures alcalins, nous avons été conduit à préparer de l'hydrogène silicié SiH^4 pur.

On sait, depuis les recherches de H. Moissan et M. S. Smiles (²), que l'hydrogène silicié SiH^4 résultant de l'action de l'acide chlorhydrique sur le siliciure de magnésium est accompagné d'un siliciure liquide qui lui communique la propriété d'être spontanément inflammable. On peut, en fractionnant le mélange, obtenir le composé SiH^4 parfaitement pur.

Dans ce but, nous avons traité une grande quantité de siliciure de magnésium par l'acide chlorhydrique, et nous avons condensé dans l'air liquide les hydrures de silicium formés. En laissant reprendre aux produits solidifiés la température ordinaire,

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1303.

(²) H. MOISSAN et S. SMILES, *Annales de Chimie et de Physique*, 7ᵉ série, t. XXVII, 1902, p. 5.

nous avons recueilli 5[l] de gaz exempts d'hydrogène, ce qui correspond environ à 100[l] du mélange gazeux produit dans l'attaque du siliciure de magnésium.

Il restait dans l'appareil un liquide incolore, que nous avons cru tout d'abord être le siliciure d'hydrogène liquide Si^2H^6.

Les produits gazeux ont été de nouveau refroidis dans l'air liquide, et soumis à un fractionnement lent. Les premiers flacons recueillis contenaient de l'hydrogène silicié SiH^4 pur, non spontanément inflammable, alors que les derniers, au contraire, renfermaient un gaz détonant violemment au contact de l'air. Un nouveau fractionnement de ces dernières parties nous a donné un gaz et une petite quantité d'un liquide incolore.

L'action de la potasse sur ce gaz nous a fourni un volume d'hydrogène différant notablement de celui qu'aurait dû donner l'hydrure SiH^4. Ce volume concordait au contraire avec celui exigé par la formule, en admettant pour cette décomposition l'équation suivante :

$$Si^2H^6 + 4NaOH + 2H^2O = 2SiO^3Na^2 + 7H^2.$$

Un examen plus approfondi de ce gaz nous a permis de le considérer comme du silicoéthane pur, Si^2H^6. Sa densité a été trouvée égale à 2,18, ce qui correspond exactement à la densité théorique.

Le produit décrit par H. Moissan et S. Smiles comme étant le même siliciure avait une densité de vapeur de 2,37. Il apparaît comme certain que ce produit devait être souillé d'un autre hydrure liquide, dans lequel il était très soluble et avec lequel il pouvait fournir un mélange bouillant vers 52°. Le point d'ébullition du silicoéthane est, d'après nos déterminations, très voisin de —7°.

Le produit liquide constituant le résidu de nos deux fractionnements est peu abondant. Il est excessivement difficile à manier en raison de son inflammabilité spontanée à l'air. Son point d'ébullition est supérieur à 60°. Nous avons tout d'abord reconnu qualitativement que c'était un siliciure d'hydrogène, et nous avons pu en recueillir dans une ampoule une quantité suffisante pour tenter une analyse. Malheureusement nous avons eu quelques pertes d'hydrogène dans le cours de nos manipulations. Nous pouvons, cependant, affirmer que ce composé n'est pas un silico-acétylène Si^2H^2, mais très vraisemblablement le silico-éthylène Si^2H^4. C'est à cet hydrure non saturé, qui, au contact de l'oxygène, brûle avec une flamme très éclairante et en donnant lieu à de violentes explosions, que les deux hydrures gazeux doivent leur inflammabilité.

Bien que nous n'ayons pu obtenir jusqu'ici le composé Si^2H^6 non inflammable à l'air, les différents échantillons observés présentèrent des différences sensibles dans

leur mode de combustion, ce qui concorderait avec la présence de quantités variables d'impuretés inflammables.

Nous devons ajouter que, dans notre appareil de condensation, se trouvait en outre une petite quantité d'une matière solide très altérable, brunissant à l'air en donnant du silicium.

L'ensemble de ces premières recherches montre que les composés du silicium sont beaucoup plus nombreux qu'on ne le supposait jusqu'ici. Aux deux hydrures gazeux SiH^4 et Si^2H^6, il convient d'ajouter un hydrure liquide et vraisemblablement un composé solide se rapprochant peut-être de l'hydrure dont M. Ogier (¹) a observé la formation dans l'action de l'effluve sur l'hydrogène silicié.

Nous poursuivons l'étude de ces combinaisons hydrogénées du silicium.

MINÉRALOGIE. — *Sur un cas d'isodimorphisme.* Note de M. **H. Marais**, présentée par M. Fred. Wallerant.

Le chlorhydrate et le bromhydrate d'éthylamine sont tous deux monocliniques à la température ordinaire. A 80° le chlorhydrate se transforme en une modification uniaxe qui fond à 108° (forme C). De même, le bromhydrate se transforme à 83° en une forme uniaxe qui fond à 146° (forme A). En outre, le bromhydrate présente une forme instable, également uniaxe, qui apparaît dans la phase liquide surfondue et se transforme presque aussitôt et brusquement en la forme A. En observant au microscope des fragments suffisamment petits, il a été cependant possible de la chauffer sans qu'elle se transformât et de la faire fondre à 118° (forme B).

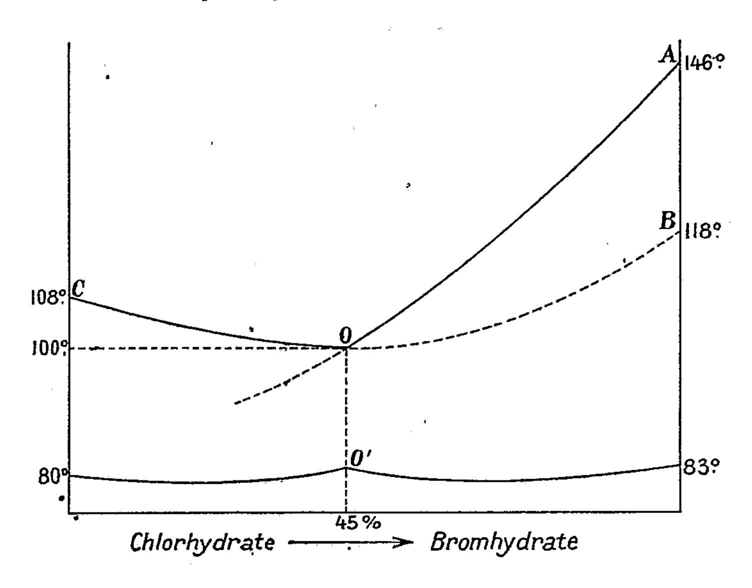
L'étude des mélanges des deux corps a été faite par la méthode microscopique, au moyen du microscope chauffant de M. Wyrouboff. Il résulte de cette étude que, pour toutes les concentrations, les formes monocliniques se mélangent parfaitement. La température de transformation de la forme monoclinique reste comprise entre 80° et 83°.

Les formes uniaxes ne se comportent pas aussi simplement. Entre 0 et 40 pour 100 de bromhydrate, on n'observe pas de forme instable. La forme C se produit seule et sa température de solidification baisse régulièrement. Si l'on étudie d'autre part les mélanges compris entre 100 pour 100 et 50 pour 100 de bromhydrate, on constate que les courbes A et B

(¹) Ogier, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XX, 1880, p. 5.

s'abaissent toutes deux, la courbe A beaucoup plus rapidement que la courbe B. En même temps, l'instabilité de B diminue. Tandis qu'aux environs de 80 pour 100 la transformation B → A se produit encore spontanément, il faut, pour des concentrations plus faibles, la provoquer en comprimant ou en secouant la préparation.

Entre 40 et 50 pour 100, la méthode employée ne donnait que des résultats ambigus. Les mélanges présentent bien deux formes, l'une stable et l'autre instable. Mais comme les formes A et B n'offrent, dans les conditions où elles ont été observées, d'autre caractère distinctif que la position de leur point de solidification, et comme ce



criterium est inutilisable dès que les courbes de solidification sont rapprochées, on ne pouvait savoir si les formes A et B restaient l'une stable, l'autre instable, la courbe A se raccordant à la courbe C, ou si A devenait instable et B stable : dans ce cas la courbe C se rattacherait à la courbe B et la courbe A viendrait couper la courbe BC, puisque le point de fusion d'une forme instable est toujours inférieur à celui d'une forme stable.

Pour résoudre la question, l'expérience suivante a été faite :

On met sur une lame de verre, à côté l'une de l'autre, une goutte de chlorhydrate pur en fusion et une goutte de mélange à 55 pour 100 de bromhydrate. La température de solidification de la forme B, qui est sûrement la forme instable, est, dans ce mélange, notablement inférieure à celle du chlorhydrate pur. On recouvre avec une lamelle; les deux gouttes fusionnent partiellement. La préparation présente ainsi deux régions (1 et 2) contenant l'une du chlorhydrate pur, l'autre le mélange, et séparées par une zone étroite de composition intermédiaire. On observe au microscope. Au-dessous

de 108°, la cristallisation de C commence dans la région 1, s'avance lentement dans la zone mixte, gagne sans arrêt la région 2 qui était restée surfondue, et y amorce la cristallisation, les mêmes cristaux se prolongeant d'un bout à l'autre de la préparation. Si l'on touche à ce moment la préparation avec une aiguille, il se produit dans 2 une transformation brusque qui s'arrête suivant une ligne de démarcation très nette, située dans la zone mixte. La forme amorcée en 2 par les cristaux de C n'était donc autre que la forme instable B. Il résulte de cette expérience que, des deux alternatives proposées, c'est la seconde qui est réalisée. La forme C du chlorhydrate correspond à la forme B du bromhydrate, et la courbe C se relie à la courbe B.

Pour déterminer la concentration correspondant au point O, intersection de la courbe A et de la courbe BC, la même expérience a été répétée, en remplaçant le chlorhydrate pur par des mélanges contenant des proportions variables de bromhydrate. Pour le mélange à 45 pour 100, la forme A s'arrête encore à la région mixte; pour le mélange à 46 pour 100, elle se produit aussi dans la région 1. Le point O se trouve donc aux environs de 45 pour 100; il correspond à la température de 100°.

Il n'a pas été possible de suivre la forme A pour les concentrations moindres que 35 pour 100 de bromhydrate. Il est néanmoins vraisemblable que A existe même dans le chlorhydrate pur; mais on ne peut surfondre suffisamment ce corps pour l'obtenir.

En résumé, les formes stables à température ordinaire du chlorhydrate et du bromhydrate d'éthylamine sont parfaitement isomorphes. Les formes réalisables à température plus élevée sont isodimorphes, la forme stable de l'un des corps étant isomorphe de la forme instable de l'autre. De plus, à mesure qu'on se rapproche du point O, les formes instables tendent à acquérir une stabilité relative.

ZOOLOGIE. — *Sur la régénération hypotypique des chélipèdes chez* Atya serrata *Sp. Bate*. Note de M. **Edmond Bordage**, présentée par M. Bouvier.

Dans une précédente Communication ([1]), j'ai indiqué la façon dont j'avais procédé pour établir que le Crustacé décapode auquel Spence Bate a donné le nom d'*Atya serrata* est une forme provenant par mutation évolutive d'*Ortmannia Alluaudi* Bouv.

([1]) *Recherches expérimentales sur les mutations évolutives chez certains Crustacés de la famille des Atyidés* (*Comptes rendus*, 21 décembre 1908).

Après avoir ainsi employé la démonstration directe, je songeai à la possibilité d'une élégante démonstration par voie inverse, basée sur les observations qui, lors de mes recherches sur la régénération chez les Orthoptères pentamères (Phasmides, Blattides et Mantides), avaient fait naître en moi la conviction que la partie régénérée doit, dans certains cas, se présenter sous une forme *ancestrale* existant souvent encore chez des espèces voisines de celles qu'on étudie. En d'autres termes, l'appendice reproduit correspondrait quelquefois non pas à l'état d'équilibre stable réalisé dans l'espèce considérée, mais à un état d'équilibre précédent [généralement au maximum de stabilité immédiatement antérieur à celui de l'époque actuelle (¹)].

Je me trouvais donc en présence d'une précieuse occasion de vérifier expérimentalement l'exactitude de cette hypothèse et de constater si la régénération des chélipèdes d'*Atya serrata* donnait des chélipèdes présentant la forme *ortmannienne*, c'est-à-dire la forme ancestrale (*régénération hypotypique*, Giard).

Ayant capturé quelques *Atya serrata*, je pratiquai sur elles l'amputation des chélipèdes, d'un seul côté du corps, en conservant comme témoins, comme termes de comparaison, ceux du côté opposé. Ces Crustacés furent ensuite gardés en captivité dans une petite cage de toile métallique immergée dans le bassin qui avait servi aux précédentes expériences. La faculté régénératrice étant très marquée chez les Atyidés, moins de quinze jours après j'observais sur ces spécimens mutilés la présence de petits membres régénérés. Ma satisfaction fut grande lorsque, comparant ces nouveaux appendices à ceux qui étaient demeurés en place, je constatai qu'ils n'étaient point construits sur le même type, mais sur le *type ortmannien*. Au lieu de se terminer par une pince fendue jusqu'à la base et formée par deux doigts d'égale longueur, ils présentaient un propodite et un dactylopodite de dimensions inégales, d'où il résultait une pince munie d'une région palmaire bien nette.

En examinant à des époques régulièrement espacées les progrès dans la croissance de ces membres en voie de régénération, je vis que la différence de grandeur entre le propodite et le dactylopodite tendait à s'atténuer peu à peu. Mais elle subsistait cependant plus ou moins jusqu'au moment de la première mue venant après la mutilation. C'est seulement aux approches de cette mue qu'il s'opérait, sous le tégument, un *remodelage* de la pince; de sorte que celle-ci, après exuviation, apparaissait définitivement construite sur le *type atyen*.

D'après ce qui précède, il est permis de dire que l'ablation des chélipèdes chez *Atya serrata* provoque une sorte de mutation régressive, partielle et transitoire, qui n'est autre chose qu'une régénération hypotypique (²).

(¹) Cf. GIARD, *Comptes rendus hebd. Soc. Biologie*, 27 mars 1897, p. 316-317.

(²) Il va sans dire que toutes les hétéromorphoses ne sauraient être considérées

On ne saurait donc douter de l'existence de cette forme de régénération, après l'expérience dont il vient d'être question. Pour ma part, je suis maintenant plus que jamais porté à croire que la tétramérie du tarse des membres régénérés chez les Orthoptères normalement pentamères correspond au retour d'une disposition *ancestrale*, et non pas, comme le croyaient Bateson et Brindley, à l'apparition d'une structure nouvelle semblant indiquer qu'une espèce est en voie de formation, pas plus qu'à une manifestation de l'impuissance de la régénération à reproduire de façon parfaite la partie manquante ou de sa tendance à la simplification et à l'économie ([1]).

Il est intéressant de noter que, dans certains cas, la régénération hypotypique donne un appendice qui persistera avec sa forme ancestrale tant que vivra l'animal (cas des membres régénérés avec un tarse tétramère chez les Orthoptères pentamères); tandis que, dans d'autres cas, l'appendice régénéré perdra, après une ou plusieurs mues, son caractère atavique, et fera place à un appendice entièrement semblable à celui qui fut détaché du

---

comme des régénérations hypotypiques. La substitution d'un organe antenniforme à un œil chez certains Crustacés décapodes, par exemple, ne représente pas le retour d'une disposition ancestrale. On doit d'ailleurs ajouter que beaucoup de ces hétéromorphoses sont actuellement explicables par l'action du système nerveux (c'est ainsi que l'organe antenniforme vient remplacer l'œil quand il y a eu ablation du ganglion optique), ou par l'action modifiée de la pesanteur (expériences de Lœb sur les Hydraires), ou, enfin, par l'action d'autres causes (phénomènes de corrélation, de régulation, d'hypertrophie compensatrice, etc.).

([1]) Dans mon travail intitulé : *Recherches anatomiques et biologiques sur l'autotomie et la régénération chez divers Arthropodes* (p. 363-364), j'ai fait connaître un certain nombre de résultats expérimentaux qui infirment l'hypothèse de l'impuissance relative de la régénération ou de sa tendance constante à la simplification et à l'économie. J'ai notamment cité plusieurs exemples où la partie régénérée, tout en présentant un caractère nettement atavique, est toutefois plus développée, plus compliquée ou plus riche en articles que la partie qu'elle remplace. Il n'est pas superflu d'insister sur ce dernier point, car plusieurs auteurs, en Allemagne surtout, donnent quelquefois à l'expression *régénération hypotypique* un sens tout autre que celui que lui attribuait Giard lorsqu'il l'employa pour désigner toute régénération à caractère ancestral sans s'occuper si les dimensions de la partie régénérée étaient inférieures ou supérieures à celles de la partie qu'elle remplaçait. Les auteurs auxquels je viens de faire allusion semblent n'avoir point compris le sens que Giard entendait donner au terme qu'il choisissait, puisqu'ils emploient ce terme pour désigner tout simplement une régénération produisant une partie toujours plus petite ou moins compliquée que la partie remplacée, une partie à laquelle ils refusent, pour la plupart, tout caractère atavique.

corps (cas des chélipèdes régénérés chez *Atya serrata*). Remarquons, d'ailleurs, qu'il existe, entre ces deux cas extrêmes, le cas particulier offert par un Orthoptère pentamère, le Bacille de Rossi (*Bacillus Rossii*). Chez ce Phasmide, les membres régénérés présentent, conformément à la règle, un tarse tétramère. Or, chez un spécimen de cette espèce, Godelmann a pu constater qu'un membre régénéré avec un tarse d'abord tétramère avait subi ensuite, sans mutilation aucune, un *remodelage* après lequel il était apparu avec un tarse pentamère lors de la mue suivante.

PARASITOLOGIE. — *Lèpre et Démodex.* Note de M. A. **Borrel**, présentée par M. Roux.

Les Démodex, un peu trop oubliés peut-être, sont des parasites très fréquents chez l'homme et la femme, surtout à un âge avancé; 50 pour 100 environ des humains sont parasités en des lieux d'élection : nez, oreille, face, mamelon.

Dans les cancers de la face au début (15 cas examinés), j'ai toujours trouvé des Démodex en grand nombre; j'ai constaté 5 fois sur 6 leur présence dans le mamelon de seins cancéreux.

Des parasites très voisins provoquent des galles et des tumeurs chez les végétaux. Mais actuellement, pour les cancers des animaux comme pour les tumeurs des plantes, nous ne pouvons fixer exactement le rôle de l'Acarien.

Est-il à lui tout seul capable de provoquer la formation des tumeurs? Est-il l'agent d'inoculation d'un virus encore inconnu?

Nous ne pouvons faire que des hypothèses, mais il est une autre maladie humaine, la lèpre, avec laquelle nous pouvons être plus affirmatifs.

Pour la lèpre comme pour le cancer, on a jadis invoqué l'hérédité; il y a des familles lépreuses comme il y a des maisons à cancer; c'est à la face, au nez surtout, que se développent les lésions initiales.

L'étude microscopique des lépromes de la face ou du nez pourra peut-être nous donner la vraie explication étiologique. Pour cette étude, il est indispensable d'avoir des lésions en pleine activité et nous devons remercier le Dr Brault, d'Alger, qui nous a fourni un matériel très favorable [1].

---

[1] Des fragments prélevés à l'hôpital Saint-Louis chez des lépreux trop bien soignés dans le service de M. de Beurmann n'ont montré que de rares bacilles. Nous sommes heureux de remercier aussi notre aimable confrère.

Le léprome du nez est une tumeur constituée par une accumulation de cellules lépreuses, bourrées de bacilles, situées immédiatement au-dessous de la couche malpighienne; les nodules lépreux entourent les follicules et les glandes sébacées; ils contiennent des milliards de microbes. Les cavités des follicules et les orifices glandulaires sont extraordinairement dilatés et surtout infestés de bacilles lépreux parce que certaines glandes dans la profondeur sont comme effondrées. Or follicules pileux et glandes sébacées, chez le lépreux comme chez l'homme sain, contiennent de nombreux Démodex, et les Acariens sont couverts de bacilles visibles au microscope. Ces Démodex prennent, avec le sébum, des bacilles lépreux; ils peuvent, en émigrant d'un nez lépreux à un nez sain, réaliser la contamination des glandes sébacées nouvellement envahies.

L'examen de ces préparations suggère l'idée que la contagion de la lèpre serait la contamination par des Démodex lépreux.

Dans la vie courante, rien n'est plus évident que la contamination réciproque des membres d'une même famille par les Démodex : il est non moins certain qu'un ensemble de conditions favorables doivent être réalisées et, pour cela, la contagion demande une cohabitation prolongée, elle n'est pas fatale. Le milieu familial réalise au mieux ces conditions.

La démonstration expérimentale reste à faire; elle ne sera pas facile à tenter, puisque seule l'expérimentation sur l'homme pourrait donner des résultats.

Mais une démonstration indirecte pourrait en être donnée si, dans les pays à lèpre, il était entrepris de détruire, chez les lépreux et chez les personnes exposées à la contagion, l'agent supposé de l'inoculation : le Démodex.

La toilette des régions du corps infectées, celle de la face surtout, par le savon noir, ou le xylol, ou le pétrole, donnerait peut-être d'excellents résultats. Une telle prophylaxie qui paraît rationnelle n'offre aucun inconvénient.

A l'occasion de la présentation faite par M. Roux au nom de M. Borrel, M. **Bouchard** dit qu'il a eu l'occasion de constater à diverses reprises la présence de *Demodex* dans les petites croûtes de la blépharite ciliaire des enfants qu'il a eu l'occasion de constater au cours d'observations qu'il a faites en 1859, alors qu'il était interne à l'hospice de l'Antiquaille de Lyon. Il pense que ces parasites, placés à l'orifice des follicules pileux, pouvaient favoriser l'infection, par les microbes pyogènes, de ces follicules ou des glandes de Meibomius.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur la segmentation parthénogénésique de l'œuf des Oiseaux.* Note de M. **A. Lécaillon**, présentée par M. Henneguy.

Dans la cicatricule de l'œuf non fécondé des Oiseaux, il apparaît des « segments » spéciaux qui ont été étudiés par plusieurs embryogénistes. Mais, tandis que les uns (Œllacher, Motta-Maïa et M. Duval) attribuèrent à ces segments la valeur de vraies cellules, les autres (Barfurth en particulier) les regardèrent comme des corps produits uniquement par des causes d'ordre physico-chimique et caractéristiques de la dégénérescence de la cicatricule. Ce désaccord est dû à ce qu'aucun de ces auteurs n'avait réellement prouvé la nature cellulaire des segments dont il est ici question.

Dans deux Notes récentes, j'ai montré que dans les œufs non fécondés de la Poule, fixés immédiatement après la ponte, on trouve encore, dans la cicatricule, des segments contenant des *noyaux normaux,* parfois en voie de *division karyokinétique.* Toutefois, dans certains segments, les noyaux sont déjà *tout à fait dégénérés ou en voie de dégénérescence.* En outre, examinée en surface, la cicatricule se montre vacuolée dans toute sa périphérie. Les vacuoles se développent de plus en plus, confluent partiellement les unes avec les autres, et bientôt la cicatricule est formée d'une *tache blanche,* plus ou moins centrale, qui correspond à la partie segmentée, et d'un réseau périphérique que j'ai appelé *réseau de Prévost et Dumas.*

Ce réseau est tout à fait caractéristique des cicatricules d'œufs non fécondés. On ne l'observe jamais dans les œufs fécondés (1).

Depuis la publication de ces deux Notes, j'ai fait de nombreuses observations sur d'autres œufs de Poule. J'ai pu constater que les phénomènes fondamentaux que je viens de rappeler se retrouvent dans tous les cas. En particulier, la présence, dans les segments, de noyaux subissant la division par mitose, se constate dans presque tous les œufs fixés aussitôt après la ponte. Voici, pour l'ensemble des phénomènes qui se produisent dans la cicatricule des œufs non fécondés, les principales conclusions auxquelles je crois pouvoir m'arrêter actuellement :

1° Il se produit, dans la cicatricule des œufs non fécondés de la Poule, une véri-

(1) Voir : 1° *Sur les modifications qui peuvent se produire dans la structure de la cicatricule de l'œuf non fécondé des Oiseaux* (*Comptes rendus des séances de la Soc. de Biol.*, n° 14, 1908); 2° *Sur les changements qui se produisent, après la ponte, dans l'aspect extérieur de la cicatricule de l'œuf non fécondé de la Poule* (*Comptes rendus des séances de la Soc. de Biol.*, n° 21, 1908).

table segmentation parthénogénésique. Les cellules de segmentation se multiplient par mitose.

2° Cette segmentation diffère beaucoup de celle des œufs fécondés. Elle se fait beaucoup plus lentement que celle-ci.

Après la segmentation, l'aspect extérieur, tout aussi bien que la structure histologique de la cicatricule, sont très différents de ce qu'ils sont dans les œufs fécondés.

3° Toutes les cellules de segmentation ne restent pas vivantes et actives pendant la durée entière du phénomène. Elles dégénèrent les unes après les autres.

4° La segmentation parthénogénésique se produit, comme la segmentation des œufs fécondés, pendant le séjour de l'œuf dans l'oviducte. Mais, généralement, elle n'est pas complètement terminée au moment où l'œuf est pondu.

5° La segmentation parthénogénésique ne porte que sur une portion de la cicatricule, tandis que la segmentation des œufs fécondés intéresse tout le disque cicatriculaire.

6° La partie de la cicatricule qui ne prend pas part à la segmentation se creuse de nombreuses vacuoles. Celles-ci se développent de plus en plus, puis confluent en grande partie, pour donner naissance au réseau de Prévost et Dumas. Ce phénomène, correspondant à une liquéfaction complète d'une partie du disque cicatriculaire, peut être regardé comme un phénomène de dégénérescence qui se produit dans une partie de la cicatricule, en même temps que le reste de celle-ci se segmente parthénogénésiquement.

7° La dégénérescence qui se produit aussi dans toutes les cellules de segmentation elles-mêmes est parfois assez lente. Souvent on peut encore trouver des noyaux dans certaines cellules de l'œuf pondu depuis plusieurs jours.

8° La parthénogenèse spéciale que l'on observe chez les Oiseaux peut être appelée *parthénogenèse naturelle partielle*. Elle est le type d'une catégorie de phénomènes parthénogénésiques qui existent probablement chez beaucoup d'animaux et de végétaux, et que l'on doit séparer des autres types de parthénogenèse mieux étudiés, c'est-à-dire de la *parthénogenèse naturelle complète* (qui aboutit à la formation d'individus viables) et de la *parthénogenèse expérimentale*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la digestion gastrique de la caséine.* Note [1] de M. **Louis Gaucher**, présentée par M. Guignard.

Les difficultés qu'on éprouve si souvent à faire tolérer le lait aux malades, les accidents plus fréquents encore qu'il provoque chez les nourrissons allaités artificiellement, m'ont engagé à reprendre l'étude de la digestion du lait dont certains points sont encore insuffisamment établis.

Dans cette Note j'ai consigné les premiers résultats que m'a donnés l'étude de la digestion gastrique de la caséine, chez des chiens porteurs

(1) Présentée dans la séance du 28 décembre 1908.

d'une fistule duodénale permanente [1]. J'ai pu ainsi, non seulement observer l'état physique sous lequel le lait se présente à sa sortie de l'estomac, mais encore en doser la caséine et le beurre à divers moments de la digestion.

La fistule pratiquée à 5^{cm} ou 6^{cm} du pylore est munie d'une simple canule de Laborde (c'est celle qu'on emploie ordinairement pour les fistules gastriques). Une fois remis de son opération, l'animal ne paraît nullement incommodé par sa canule et peut vivre pendant très longtemps, en servant pour ainsi dire journellement aux expériences. Je conserve depuis plus d'un an un des chiens ainsi opérés.

Avant chaque expérience, le chien était mis à jeun durant 24 heures et, après m'être assuré que son estomac était vide, je lui donnais 250^{cm^3} de lait.

La digestion gastrique observée à partir de ce moment comprend trois phases distinctes qui peuvent être ainsi schématisées :

Phase I. — Durant le premier quart d'heure, le lait sort de la canule à l'état naturel.

Phase II. — La coagulation s'est opérée dans l'estomac; le lactosérum s'écoule très clair, pendant le second quart d'heure, et se trouve mêlé parfois à de gros caillots de caséine.

Phase III. — Le liquide est maintenant coloré en jaune par la bile; il est très louche et tient en suspension de fines particules de caséine qui ne tardent pas à gagner le fond du vase où on le recueille.

Le liquide destiné aux analyses était additionné, dès sa sortie, de quelques gouttes de formol suivant la méthode de Trillat et Sauton, pour arrêter l'action des diastases protéolytiques et donner plus d'exactitude au dosage de la caséine. Celle-ci était dosée en même temps que le beurre par la méthode pondérale ordinaire : traitement à l'acide acétique bouillant et lixiviation à l'éther.

Pour avoir une *moyenne*, j'ai fait porter mes analyses sur une série de 10 expériences, au cours desquelles je dosais séparément les quantités de caséine et de beurre recueillies pendant le premier quart d'heure et ensuite celles qui passaient pendant l'heure suivante.

Les résultats de ces dosages sont consignés dans le Tableau ci-dessous qui donne, dans la colonne A, les chiffres correspondant à la caséine émise durant le premier quart d'heure et, dans la colonne B, ceux qui ont été obtenus pendant l'heure qui suit. On trouvera, dans la troisième colonne, le total de la caséine émise 1 heure 15 minutes après le début de l'expérience et, en regard de ce nombre, la quantité de caséine con-

---

[1] Les chiens qui m'ont servi à ces recherches ont été opérés par M. Hédon. Je me fais un plaisir de le remercier ici de son concours aussi précieux qu'autorisé.

tenue dans les 250$^{cm^3}$ de lait ingérés. Les chiffres relatifs au beurre sont indiqués de la même manière.

	Caséine.				Beurre.			
	Après la traversée de l'estomac.				Après la traversée de l'estomac.			
Expériences.	A. Après 15 minutes.	B. Pendant l'heure suivante.	Total.	Dans 250$^{cm^3}$ de lait.	A. Après 15 minutes.	B. Pendant l'heure suivante.	Total.	Dans 250$^{cm^3}$ de lait.
1...	6,08	1,20	7,28	7,75	6,67	0,26	6,93	7,12
2...	3,935	2,775	6,710	8,75	3,730	2,280	6,010	7,25
3...	3,540	4,150	7,690	8,15	4,192	4,771	8,963	11
4...	4,085	2,710	6,795	7,25	2,940	2,082	5,022	5,86
5...	2,545	4,064	6,609	7,50	2,875	3,200	6,075	7,225
6...	5,009	2,629	7,638	8,50	5,04	1,810	6,85	7,83
7...	4,40	3,12	7,52	7,75	3,364	2,37	4,734	4,75
8...	4,45	4,23	8,68	9,625	4,29	3,89	8,18	8,9
9...	4,272	0,490	4,762	6,850	5,960	0,870	6,830	7,375
10...	3,760	2,990	6,750	7,52	3,240	2,660	5,900	7,85

Ainsi, sur une moyenne de 8^g de caséine ingérée, on en recueille environ la moitié, soit 4^g dès le premier quart d'heure et 3^g dans l'heure suivante. Le reste finit par passer peu à peu, de telle sorte qu'après deux heures toute la caséine a franchi le pylore (¹).

Il en est de même du beurre qui accompagne la caséine.

Ces résultats ont été obtenus avec du lait de vache cru. Ils ont été les mêmes avec du lait bouilli ou lorsque le lait de chèvre était substitué au lait de vache.

Pour être mieux fixé encore sur la destinée de la caséine, au cas où elle séjournerait plus longtemps dans l'estomac, j'ai profité de digestions plus particulièrement lentes, au cours desquelles je dosais tout le caséum recueilli dans un laps de temps de 3 ou 4 heures. Le passage du lait est en effet notablement ralenti quand l'estomac contient déjà des substances peu digestibles (os, peau, etc.), que l'on a, au préalable, fait absorber au chien. Les chiffres obtenus, dans ces conditions, sont les suivants :

Après 4 heures de digestion.

Caséine.		Beurre.	
Après la traversée de l'estomac.	Dans le lait.	Après la traversée de l'estomac.	Dans le lait.
7,60	7,62	8,48	8,87
7,14	7,185	6,08	6,55
6,81	7	7,815	8,45

(¹) Je ne me préoccupe pas, pour l'instant, des réflexes d'origine intestinale agissant sur le pylore et qui se trouvent supprimés ici. Je montrerai d'ailleurs qu'ils ne changent guère les résultats.

Ces expériences conduisent aux conclusions qui suivent :

1° La caséine passe de l'estomac dans le duodénum d'abord sous la forme liquide, ensuite à l'état de caséum. Elle n'est jamais peptonisée dans l'estomac, contrairement à l'opinion admise encore par quelques expérimentateurs. Ce passage s'effectue assez rapidement quand l'estomac est vide et la digestion normale.

2° La coagulation du lait n'est donc nullement nécessaire ; et, si le lait se caille dans l'estomac, ce n'est en tout cas, ni pour y être retenu, ni pour y subir la digestion peptique.

De ces deux conclusions découle la suivante :

3° Dans certains cas, la coagulation intra-stomacale du lait peut même être nuisible à sa digestion. Grâce à l'insuffisance de la motricité gastrique ou à la fermeture spasmodique du pylore, la caséine coagulée forme, dans l'estomac, un bloc qui se contracte de plus en plus et s'y durcit. Alors, de deux choses l'une : ou bien ce caillot, se comportant comme un aliment indigeste, sera définitivement refusé par l'estomac et regurgité; ou bien, il finira par passer, plus ou moins fragmenté, à travers le pylore, et ses fragments, difficiles à désagréger et à dissoudre, amèneront l'irritation de la muqueuse intestinale. Ainsi s'expliquent les deux formes les plus fréquentes de l'intolérance pour le lait : les vomissements et la diarrhée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présures basiphiles.* Note [1] de M. C. GERBER, présentée par M. Dastre.

L'action éminemment retardatrice et même empêchante des alcalis sur la coagulation du lait par les présures est un fait admis par tous les auteurs. Nous avons néanmoins pensé qu'il serait possible de constater une accélération du temps de coagulation de ce liquide en employant, pour relever son taux de minéralisation, non plus les sels neutres, comme nous l'avons fait antérieurement, mais les bases libres KOH et NaOH, à la condition d'opérer avec des présures peu calciphiles.

L'expérience nous a donné raison. Il suffit, en effet, de jeter les yeux sur le premier Tableau pour voir que $0^{cm^3},50$ de suc de *Maclura aurantiaca* L., agissant à 42° sur 5^{cm^3} de lait cru, le coagule en 1 minute 50 secondes quand il contient 45 molécules-milligrammes de soude par litre et en 11 minutes 10 secondes quand il n'y a pas de

(1) Présentée dans la séance du 21 décembre 1908.

soude. Avec le lait bouilli la différence est encore plus forte puisque, pour la dose précédente de présure, les temps de coagulation sont respectivement 1 minute 10 secondes et 11 minutes.

Tout comme avec les sels neutres de potassium et de sodium à acides précipitant la chaux, on constate que ces doses accélératrices sont comprises entre des doses extrêmes retardatrices : l'action retardatrice antérieure est due, en quelque sorte, à un abaissement du taux de minéralisation par précipitation du phosphate de chaux; la postérieure, à l'altération de la présure par des doses trop fortes d'alcali.

Temps nécessaire à la coagulation du lait par les présures de

Molécules milligr. Na OH par litre de lait.	Maclura 42°. Lait cru.		Maclura 42°. Lait bouilli.	Veau 40°. Lait cru.		Veau 40°. Lait bouilli.	Tourteau 50°. Lait cru.	Tourteau 50°. Lait bouilli.	Crabe 40°. Lait cru.	Crabe 40°. Lait bouilli.
	m s	R (2).	m s	m s	R (2).	m s	m s	m s	m s	m s
0...	11.10	1	11	8.50	1	5.50	7.40	7	4	5.50
1...	11.30	1,03	11.10	12.20	1,40	9.30	8	7.20	4.10	6
2...	12	1,07	11.20	16.15	1,84	13	8.20	7.40	4.20	6.20
4...	13.40	1,22	12.10	32.50	3,72	26.10	9.10	9	4.40	7
8...	17.10	1,54	21				13	(1)	5.50	11.10
12..	22.40	2,03					16.10		7.40	(1)
16..	30	2,69	(1)				17	10.20	9.40	
20..							14.50	5	10.40	10.30
25..			5.30				7.10	2	9	7
30..	(1)	>37,6	1.35	(1)	>37,6	(1)	4.40	2.05	5.50	4.30
35..			1.20				3.10	2.10	6	3.50
40..	5	0,45	1.10				3.30	2.20	6.20	4.40
45..	1.50	0,16	1.50						6.30	4.50
50..	2.40	0,24	2.20				(1)	(1)	7.30	5.20
55..	(1)	>37,6	(1)						(1)	(1)

A côté du *Maclura*, type de présure peu calciphile, le Tableau contient les résultats obtenus dans les mêmes conditions avec une présure très calciphile (Veau). On voit combien grandes sont les différences dans l'action des alcalis sur ces deux types de coagulation dont le dernier ne présente que la partie retardatrice du début de la courbe du premier.

Les présures animales se comportent comme celle du Veau; quelques-unes, cependant, suivent une marche identique au *Maclura*. Telles sont les présures des Crustacés décapodes dont deux types : Crabe (*Carcinus menas* P.) et Tourteau (*Platycarcinus pagurus* L.) ont fourni les résultats inscrits dans les quatre dernières colonnes du premier Tableau, assez éloquentes par elles-mêmes pour qu'il soit inutile d'insister.

(1) Pas de coagulation au bout de 420 minutes.

(2) Rapport des divers temps de coagulation au premier.

Molécules milligr. HCl par litre de lait.	Temps nécessaire à la coagulation à 40° du lait cru. Maclura.		Veau.		bouilli. Maclura.		Veau.	
	m s	R.	R.	m s	m s	R.	R.	m s
0	43.15	1	1	29.50	49.20	1	1	32.10
0,109	43.15	1	0,98	29.20	49.55	1,01	0,87	28
0,218	43.10	0,99	0,96	28.40	50.55	1,03	0,83	26.50
0,437	42.50	0,99	0,92	27.30	50.30	1,02	0,76	24.30
0,875	42.20	0,98	0,87	25.50	48.25	0,98	0,63	20.15
1,75	41.20	0,96	0,68	20.10	47.55	0,97	0,42	13.30
3,50	38.50	0,90	0,49	14.40	41.30	0,84	0,29	9.10
7	37.40	0,87	0,28	8.20	35.50	0,73	0,14	4.40
10,50	38.20	0,88	0,21	6.10	30.10	0,61	0,07	2.20
14	39	0,90	0,16	4.50	21.50	0,44	0,04	1.50
17	44.15	1,02	0,15	4.20	17.10	0,35	0,03	0.50
20	48.40	1,12	0,14	4.05				
23	51.35	1,19	0,13	4	(1)	(1)	(1)	(1)
26	(1)	»	»	(1)				

Il était intéressant de rechercher comment ces présures basiphiles se comportent en présence des acides. Le Tableau II montre que la coagulation du lait cru n'est que légèrement accélérée par des doses faibles d'acide et, au contraire, qu'elle est fortement retardée par des doses moyennes, le retard étant d'autant plus grand qu'on se rapproche davantage des doses déterminant la coagulation spontanée du lait.

Au contraire, avec le lait bouilli, on observe une accélération dès le début et cette accélération croît avec la dose d'acide; mais elle est toujours faible et ne peut en aucune façon être comparée à la forte accélération constatée, dans les mêmes conditions, avec les présures vraiment calciphiles telles que la présure de Veau.

L'action des acides sur la caséification vient, on le voit, s'ajouter à l'action des bases pour permettre la distinction de deux types extrêmes de présures : le premier OXYPHILE *(Veau, Porc), le deuxième* BASIPHILE *(Maclura, Crustacés décapodes). Entre ces deux types viennent se ranger les nombreuses présures dont nous avons résumé, dans une Note antérieure, la façon de se comporter vis-à-vis des divers acides minéraux et organiques.*

---

(1) Coagulation sans présure.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Méthode gravimétrique de sensibilité constante pour la mesure des hautes altitudes*. Note [1] de M. **Alphonse Berget**, présentée par M. Deslandres.

La mesure des hauteurs, quand elle se fait en dehors des méthodes de nivellement géométrique ou géodésique, utilise exclusivement le baromètre. Cet instrument donne de bonnes indications aux faibles et moyennes altitudes, sous réserve, toutefois, des fluctuations météorologiques; mais sa sensibilité décroît à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, puisqu'une même augmentation de la hauteur se traduit, sur l'instrument, par la mesure du poids d'une colonne d'air dont la densité est décroissante, si bien que, quand on se sert d'instruments enregistreurs, l'épaisseur même du trait, pour les altitudes atteintes par les ballons-sondes, constitue une incertitude appréciable.

J'ai eu occasion, au cours de diverses ascensions aérostatiques, de constater par moi-même cette diminution de précision du baromètre, et de me demander si l'on ne pourrait pas utiliser un phénomène physique fournissant une indication instrumentale proportionnelle à la hauteur, c'est-à-dire de sensibilité constante. Ce phénomène existe : c'est celui de la gravitation.

Le poids d'un corps, c'est-à-dire la force avec laquelle il est attiré par le centre de la Terre, dépend de sa distance à ce centre et varie en raison inverse du carré de cette distance. Si donc nous appelons p_1 et p_2 les poids d'un même corps à la surface de la Terre et à une altitude h, nous aurons, en désignant par R le rayon de la Terre,

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$$

ou

$$\frac{p_1 - p_2}{p_2} = \frac{2Rh + h^2}{R^2},$$

d'où nous déduisons, en négligeant $\frac{h}{R}$ par rapport à R,

$$\frac{p_1 - p_2}{p_2} = \frac{2h}{R},$$

c'est-à-dire que la variation apparente du poids du corps, en passant de la première station à la seconde, est proportionnelle à la différence de niveau de ces deux stations.

---

[1] Présentée dans la séance du 28 décembre 1908.

La sensibilité de la méthode est suffisante : si nous faisons $h = 300^m$ (c'est le cas de la tour Eiffel) nous trouvons $\frac{p_1 - p_2}{p_2} = \frac{1}{10000}$ environ. Or on peut construire des dynamomètres *de précision* de sensibilité bien supérieure. L'appareil de Threlfall, basé sur l'élasticité d'un fil de quartz, permet même de déceler de petites anomalies de la pesanteur; la méthode de Hecker, dite *hypsobarométrique*, donne une précision de $\frac{1}{30000}$. Il est donc actuellement *possible* de réaliser un appareil permettant la mesure des hauteurs, dans l'atmosphère, avec une sensibilité constante. Il serait à désirer que des constructeurs habiles se missent à l'étude afin de réaliser un tel instrument avec dispositif enregistreur : ils rendraient ainsi à la Météorologie de la haute atmosphère un très grand service, car indépendamment de la décroissance de la précision instrumentale, la méthode barométrique utilise une formule qui devient incertaine dès que l'altitude est un peu grande.

C'est ce qui m'a déterminé à indiquer cette méthode gravimétrique.

MÉTÉOROLOGIE. — *La pluie et les sources en Limousin en* 1908. Note de M. **P. Garrigou-Lagrange**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai soumis l'an dernier à l'Académie les résultats généraux d'une étude sur la pluie et le régime des sources.

Cette étude, poursuivie en 1908 et développée à l'aide de documents nouveaux, a mis en lumière certaines particularités, parmi lesquelles une des plus intéressantes est la continuation et l'aggravation de la période de sécheresse et de diminution des sources que j'ai signalée à diverses reprises.

On se rendra aisément compte du phénomène par le Tableau qui donne pour la station de Limoges et pour les années 1906, 1907 et 1908, les hauteurs d'eau tombées dans les diverses saisons et les débits de la Vienne au Pont-Neuf, ainsi que les écarts de ces nombres à leurs valeurs moyennes.

	Pluie.		Débit.	
	Hauteur d'eau.	Écart.	Valeur.	Écart.
1906.	mm	mm	m^3	m^3
Hiver	257	73	55,9	16,9
Printemps	219	— 47	26,9	—10,8
Été	143	— 85	10,0	— 8,8
Automne	250	— 16	26,0	6,3
Année	868	— 76	29,7	0,4

	Pluie.		Débit.	
	Hauteur d'eau.	Écart.	Valeur.	Écart.
1907.	mm	mm	m³	m³
Hiver	236	52	40,9	— 0,1
Printemps	273	7	26,9	—10,8
Été	93	—135	10,1	— 8,7
Automne	333	67	37,0	17,3
Année	935	— 9	29,0	— 0,3
1908.				
Hiver	270	86	40,4	— 0,6
Printemps	242	— 24	37,9	0,2
Été	243	15	18,7	— 0,1
Automne	141	—125	15,7	— 4,0
Année	897	— 47	28,2	— 1,1

On voit que le débit moyen annuel, qui, en 1906, malgré la sécheresse du printemps et de l'été, s'élevait encore de $0^m,4$ au-dessus de la moyenne générale des dix dernières années, s'abaissait de $0^m,3$ au-dessous de cette moyenne en 1907, tandis qu'il est, en 1908, inférieur de $1^m,1$, écart considérable puisqu'un déficit de $1^m,1$ par seconde représente pour l'année entière un déficit total d'environ 35 millions de mètres cubes pour le seul bassin de la Vienne au Pont-Neuf. On comprend ainsi quelle est l'importance d'une sécheresse prolongée, dont les effets s'accumulent par suite de la diminution des sources profondes.

Il y a lieu également de considérer ici que le déficit de 1908 a surtout porté sur l'automne. Le total de l'eau tombée y est inférieur de 125^{mm} et le débit de 4^{m^3} par seconde. En novembre seul, avec un déficit d'eau de 33^{mm}, le débit est inférieur de $7^{m^3},5$. Ces nombres représentent un écart sur la moyenne des dix dernières années de plus de $\frac{1}{5}$ pour l'automne et de près de $\frac{1}{3}$ pour novembre.

Or, en 1906 et en 1907, la sécheresse s'était surtout fait sentir en été et l'on sait que les pluies d'été profitent peu au ruisseau et encore moins aux sources profondes.

Il n'en va pas de même de l'automne qui d'ordinaire améliore considérablement les réserves et prépare les forts débits des saisons suivantes. L'année 1909 se trouve ainsi dès le commencement dans des conditions défavorables.

Sans doute le volume de nos eaux peut être rapidement relevé par quelques fortes chutes; mais pendant longtemps leur débit sera insuffisam-

ment soutenu par une réserve affaiblie et les crues de nos rivières auront un caractère plus ou moins torrentiel, nuisible dès lors à l'agriculture et à l'industrie.

J'ai signalé à plusieurs reprises cette situation, que rend plus fâcheuse l'importance chaque jour croissante des applications hydro-électriques. Il serait intéressant, alors qu'il en est temps encore, de prendre quelques mesures préventives, plutôt que d'attendre que le péril soit *né et actuel* et qu'il faille à grands frais y apporter des remèdes presque toujours illusoires.

C'est à rechercher ces mesures préventives que s'applique l'Association, que nous avons organisée sous le nom *de l'Arbre et de l'Eau* et qui s'occupe, à la suite des Congrès de Limoges et de Guéret, à aménager le cours supérieur de la Vienne et des principaux affluents de la Loire et de la Garonne, qui naissent au plateau de Millevaches.

SISMOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre du* 28 *décembre* 1908. Note de M. **Alfred Angot**.

Le tremblement de terre qui a dévasté une partie de la Sicile et de la Calabre, le 28 décembre 1908, s'est manifesté à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, sur le sismographe Milne, par la courbe la plus remarquable qui y ait été obtenue jusqu'ici.

Le pendule NS, dont les mouvements sont amortis, a donné un diagramme d'une grande netteté, dont nous reproduisons ci-contre la partie principale. Pour l'autre composante, au contraire, le tracé est tout à fait confus; il est troublé par les oscillations propres du pendule, auquel on a laissé sa disposition primitive.

Pour les deux composantes, les oscillations ont débuté, brusquement et simultanément, à $4^h23^m,9$ (temps moyen de Greenwich), et les grandes oscillations ont commencé à $4^h27^m,0$. La durée des oscillations préliminaires a donc été de $3^m,1$; elle correspond sur la courbe ci-après (où les heures sont marquées en temps local) à la partie comprise entre les points A et B.

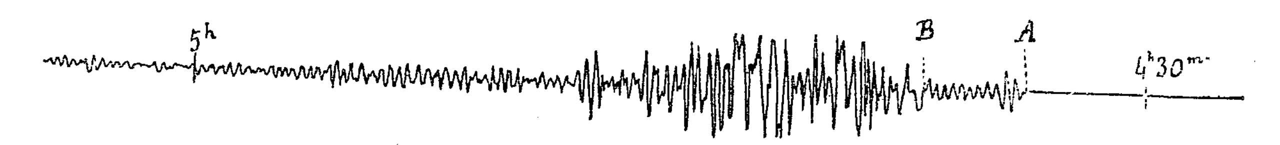
Sur la composante EW (pendule NS amorti), l'amplitude des grandes oscillations a dépassé un instant 14^{mm}. Les oscillations sont devenues beaucoup moins fortes à partir de 4^h50^m et à peine perceptibles depuis 5^h20^m; elles paraissent cesser complètement vers 6^h25^m.

Le jour de l'observation, la période propre des oscillations était de $17^s,0$ pour le pendule NS et de $14^s,9$ pour le pendule EW.

On ne distingue pas sur le diagramme les deux phases dans lesquelles se divisent d'ordinaire les oscillations préliminaires et dont la première permet de déterminer approximativement la distance de l'épicentre. Mais il existe d'autres formules empiriques qui donnent cette distance en fonction de la durée totale de ces oscillations ($3^m,1$ dans le cas présent).

Ces formules, différentes pour les tremblements de terre rapprochés ($T < 2^m,3$) et pour les tremblements de terre lointains ($T > 3^m,5$), s'adaptent mal au cas actuel, qui est précisément intermédiaire. En particulier, les formules de la Commission sismologique japonaise donneraient respectivement pour l'épicentre des distances de 1400^{km} et de 1900^{km}. La distance réelle de Messine au Parc Saint-Maur, 1580^{km}, est à peu près la moyenne de ces deux nombres.

Comme cela arrive souvent lors des grands tremblements de terre, les courbes des magnétographes ont présenté des troubles d'un caractère tout différent de celui des perturbations magnétiques ordinaires, et dont l'apparence même indique une origine probablement mécanique. Au Val-Joyeux



(M. Itié), la courbe de la composante horizontale montre deux accidents d'assez grande amplitude à 4^h36^m et à 4^h40^m, et un autre plus faible à 4^h54^m. La courbe de la déclinaison porte un accident faible à 4^h33^m et deux autres notables à 4^h42^m et à 4^h48^m.

A Perpignan (M. Mengel), il y a, sur la courbe de la déclinaison, deux mouvements bien nets à 4^h36^m et à 4^h48^m.

Enfin, au Pic du Midi (M. Latreille), la courbe du déclinomètre présente, de 4^h46^m à 4^h54^m, un petit épaississement; rien de particulier ne se remarque sur la composante horizontale.

Comme la vitesse du papier sur les magnétographes ne permet déterminer l'heure qu'à quelques minutes près, on voit que, sur les trois instruments, la première secousse a coïncidé avec le début des grandes oscillations (4^h36^m en temps moyen de Paris) sur le sismographe du Parc Saint-Maur. La secousse notée à 4^h48^m semble coïncider avec le dernier groupe des grandes oscillations enregistrées sur le sismographe.

SISMOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre du 28 décembre 1908.* Note de M. **R. Cirera.**

Le tremblement de terre du 28 décembre 1908 a été fortement enregistré à l'Observatoire de l'Èbre (lat. N : 40°49′14″; long. E de Gr. : $0^h 1^m 58^s,5$) par les pendules horizontaux de Grablovitz et par le microsismographe à trois composantes de Vicentini. Dans cet appareil la composante EW a ressenti la première secousse à $4^h 23^m 15^s$ temps de Greenwich; les autres composantes l'ont enregistrée quelques secondes plus tard.

Dans les courbes magnétiques on remarque seulement que le bifilaire a enregistré le mouvement mécanique. Entre 3^h et 5^h s'est produite une onde barométrique avec minimum à 4^h; de 4^h à 5^h le vent a parcouru 45^{km}, pour l'heure précédente 30^{km} et seulement 25^{km} la suivante. A ces phénomènes locaux correspondent une chute dans la courbe du potentiel atmosphérique et une forte agitation dans le courant tellurique NS. Le récepteur Branly a enregistré plusieurs ondes de $2^h 10^m$ à $2^h 25^m$ du matin.

M. **Chapel** adresse quelques *Remarques relatives au tremblement de terre des Calabres* (*28 décembre* 1908).

A propos de ces Communications, M. le **Président** rappelle que le Président de l'Institut a déjà envoyé à l'Italie, par l'intermédiaire de l'Académie des Lincei, l'expression de sa vive sympathie et de la part que prend l'Institut aux malheurs qui viennent de frapper un peuple voisin et ami. Il insiste sur le rôle qui appartient à l'Académie des Sciences pour l'étude approfondie des causes et des circonstances des tremblements de terre, et propose à l'Académie d'ouvrir une souscription pour soulager la misère des victimes de la Sicile et de la Calabre.

Cette proposition est immédiatement adoptée par l'Académie.

M. **Louvel** adresse un Mémoire intitulé : *Recherches sur les nombres premiers.*

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JANVIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les familles de Lamé engendrées par le déplacement d'une surface qui demeure invariable de forme.* Note de M. **Gaston Darboux.**

Le problème de la recherche de la surface la plus générale qui, en se déplaçant sans changer de forme, engendre une famille de Lamé, c'est-à-dire une famille de surfaces faisant partie d'un système triple orthogonal, a été posé pour la première fois, dans mon *Mémoire sur la théorie des coordonnées curvilignes et des systèmes orthogonaux* inséré en avril 1878 aux *Annales de l'École Normale supérieure* (2e série, t. VII, p. 122). J'ai montré que la surface cherchée doit satisfaire à une équation aux dérivées partielles du troisième ordre, dont l'intégration donnerait la solution complète du problème et dont on connaît, d'ailleurs, plusieurs solutions particulières. Depuis, cette question a été l'objet des recherches d'un assez grand nombre de géomètres, Joseph Bertrand, MM. Petot, Demoulin, E. Cosserat, Adam, Goursat, Lucien Lévy, Haag, etc. Elle est d'ailleurs loin d'être résolue. Si j'y reviens aujourd'hui, c'est pour montrer qu'il y a grand intérêt à associer, à la famille de Lamé qu'on recherche, les deux autres familles qui, avec elle, complètent le système orthogonal.

Il résulte de mes premières études que si, comme il arrive dans le cas général, la surface cherchée (S) engendre, *dans un seul mouvement,* une famille de Lamé, le mouvement qui lui est imprimé ne peut être qu'un mouvement hélicoïdal ($\mathcal{H}$). Il résulte de là évidemment que ce mouvement, conservant la famille de Lamé engendrée par la surface (S), doit également

conserver les deux autres familles qui lui sont associées. Par suite, ces deux autres familles seront, comme la première, engendrées respectivement par deux surfaces (S_1) et (S_2) auxquelles on imprimera le mouvement hélicoïdal $(\mathcal{H})$; ou bien elles pourront être engendrées par des hélicoïdes qui glisseront sur eux-mêmes quand on leur imprimera ce mouvement hélicoïdal. Il y a donc trois cas à distinguer : le premier, qui sera évidemment le plus général, sera celui où les trois familles qui composent le système triple sont engendrées toutes les trois par le même mouvement hélicoïdal imprimé à trois surfaces distinctes (S), (S_1), (S_2); le deuxième et le troisième seront ceux pour lesquels une ou deux des trois familles du système triple seront composées d'hélicoïdes qui glisseront sur eux-mêmes dans le mouvement $(\mathcal{H})$.

Pour mettre en équation le problème dans ces différents cas, nous procéderons de la manière suivante :

Prenons pour axe des z l'axe même du mouvement hélicoïdal et soit k le pas réduit de ce mouvement. Si nous supposons qu'on fasse jouer au paramètre ρ_i d'une des trois familles le rôle du temps, les composantes du déplacement infiniment petit d'un point dans le mouvement hélicoïdal seront

$$-y r_i d\rho_i, \quad x r_i d\rho_i, \quad k r_i d\rho_i,$$

r_i étant la rotation infiniment petite, qui sera une fonction de ρ_i.

Si l'on applique ces formules à un point de la surface (S_i) et si l'on projette le déplacement ainsi obtenu sur la normale à la surface (S_i), cette projection aura pour valeur

$$r_i(x Y_i - y X_i + k Z_i)\, d\rho_i,$$

X_i, Y_i, Z_i désignant les cosinus directeurs de la normale à la surface (S_i).

Si donc cette surface (S_i) est un hélicoïde qui n'est pas déplacé par le mouvement $(\mathcal{H})$, on devra avoir

$$(1) \qquad x Y_i - y X_i + k Z_i = 0.$$

Si au contraire cette surface (S_i) est déplacée par le mouvement $(\mathcal{H})$, le déplacement infiniment petit devra donner la surface infiniment voisine et la projection sur la normale à (S_i) devra être $H_i d\rho_i$, en conservant les notations de Lamé. On aura donc

$$H_i = r_i(x Y_i - y X_i + k Z_i),$$

ou plus simplement, en choisissant convenablement ρ_i,

$$\text{(2)} \qquad H_i = xY_i - yX_i + kZ_i.$$

De là résulte que les trois cas que nous avons à étudier sont définis par les trois systèmes suivants :

$$\text{(A)} \begin{cases} H = xY - yX + kZ, \\ H_1 = xY_1 - yX_1 + kZ_1, \\ H_2 = xY_2 - yX_2 + kZ_2, \end{cases} \qquad \text{(B)} \begin{cases} H = xY - yX + kZ, \\ H_1 = xY_1 - yX_1 + kZ_1, \\ o = xY_2 - yX_2 + kZ_2, \end{cases}$$

$$\text{(C)} \begin{cases} H = xY - yX + kZ, \\ o = xY_1 - yX_1 + kZ_1, \\ o = xY_2 - yX_2 + kZ_2, \end{cases}$$

que nous allons successivement examiner, en tenant compte des relations bien connues qui existent entre x, y, z, H, H_1, H_2 et les cosinus directeurs. Ces relations sont les suivantes :

$$\text{(3)} \qquad \frac{\partial u}{\partial \rho_i} = H_i U_i,$$

$$\text{(4)} \qquad \frac{\partial U_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ki} U_k,$$

$$\text{(5)} \qquad \frac{\partial U_i}{\partial \rho_i} = -\beta_{ki} U_k - \beta_{li} U_l,$$

$$\text{(6)} \qquad \frac{\partial H_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ki} H_k,$$

$$\text{(7)} \qquad \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_l} = \beta_{il} \beta_{lk},$$

$$\text{(8)} \qquad \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial \rho_i} + \frac{\partial \beta_{ki}}{\partial \rho_k} + \beta_{li} \beta_{lk} = o,$$

où u désigne, suivant la notation de Lamé, une des trois coordonnées x, y, z et U_i le cosinus correspondant : X_i, ou Y_i, ou Z_i.

Étudions d'abord le système (C). En différentiant la deuxième équation par rapport à ρ_2 et tenant compte de la troisième, il viendra

$$X_1 Y_2 - Y_1 X_2 = o, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad Z = o.$$

Alors, en multipliant les trois équations (C), respectivement par Z, Z_1, Z_2, et les ajoutant, on aura

$$k = o.$$

Deux des familles seront donc formées de surfaces de révolution ayant

pour axe l'axe des z. La troisième famille sera composée des plans passant par cet axe. Ce cas est banal. Nous pouvons ne pas nous y arrêter.

Examinons maintenant les équations (B). En les différentiant, on sera conduit aisément aux conclusions suivantes :

Les H_i, et par suite les β_{ik}, ne dépendent que de deux variables, à savoir $\rho - \rho_1$ et ρ_2. De plus, on a

$$(9) \qquad Z = -\beta_{21}, \qquad Z_1 = \beta_{20}, \qquad Z_2 = \beta_{01} - \beta_{10}.$$

Par conséquent, quand on connaîtra les β_{ik}, tous les cosinus directeurs se détermineront par une simple quadrature.

Ce second cas pouvant être déduit du cas général par le passage à la limite, nous nous bornerons aux indications précédentes, et nous passerons aux équations (A).

En effectuant de même les différentiations, nous verrons que H, H_1, H_2 satisfont tous les trois à l'équation

$$(10) \qquad \sigma(\theta) = \frac{\partial\theta}{\partial\rho} + \frac{\partial\theta}{\partial\rho_1} + \frac{\partial\theta}{\partial\rho_2} = 0,$$

et sont, par conséquent, des fonctions de *deux* variables seulement, par exemple $\rho - \rho_1$ et $\rho - \rho_2$. Il en sera évidemment de même des rotations β_{ik}. De plus, on aura

$$(11) \qquad Z = \beta_{12} - \beta_{21}, \qquad Z_1 = \beta_{20} - \beta_{02}, \qquad Z_2 = \beta_{01} - \beta_{10};$$

de sorte qu'ici encore les neuf cosinus s'obtiendront par une simple quadrature, quand on connaîtra les β_{ik}.

Si, par exemple, on emploie les trois angles d'Euler, on aura

$$(12) \qquad Z = -\sin\theta\sin\varphi, \qquad Z_1 = -\sin\theta\cos\varphi, \qquad Z_2 = \cos\theta,$$

et le troisième angle ψ sera déterminé par la quadrature

$$(13) \qquad \psi = \int \frac{1}{\sin\theta}[-\beta_{20}Z_1\,d\rho + \beta_{21}Z\,d\rho_1 + (Z_1\beta_{02} - Z\beta_{12})\,d\rho_2],$$

qui porte au fond sur des fonctions de deux variables seulement. Car on a

$$(14) \qquad \sigma(\psi) = \sum \frac{\partial\psi}{\partial\rho_i} = -1,$$

et, par conséquent,

$$\psi = -\rho + F(\rho - \rho_1, \rho - \rho_2).$$

Quand on aura les β_{ik} et les cosinus directeurs, les H_i se détermineront par

le système (6),

(15) $$\frac{\partial H_i}{\partial \rho_k} = \beta_{ki} H_k,$$

qui, avec la condition

(16) $$\sigma(H_i) = 0,$$

devient un système complet et s'intègre avec trois constantes arbitraires. L'une de ses intégrales est

(17) $$HZ + H_1 Z_1 + H_2 Z_2 = k,$$

de sorte qu'on pourra prendre arbitrairement le pas des hélicoïdes.

Au reste, au lieu de déterminer les H_i, il vaut mieux s'adresser directement aux coordonnées rectangulaires x, y, z, qui seront déterminées par le système

(18) $$\begin{cases} \dfrac{\partial x}{\partial \rho_i} = X_i(xY_i - yX_i + kZ_i), \\ \dfrac{\partial y}{\partial \rho_i} = Y_i(xY_i - yX_i + kZ_i), \\ \dfrac{\partial z}{\partial \rho_i} = Z_i(xY_i - yX_i + kZ_i). \end{cases}$$

On voit que les deux coordonnées x, y se déterminent à part, et l'on a ensuite z par une quadrature.

Il ne serait pas difficile de montrer que la détermination de x, y peut se ramener à l'intégration simultanée de *deux* équations de Riccati, suivie de quadratures. Mais je n'insiste pas sur ces détails.

Si l'on intègre le système (15) en écartant la condition (16), on sera conduit à tous les systèmes triples orthogonaux ayant même représentation sphérique que les précédents. On peut les définir par la propriété suivante :

Les représentations sphériques des différentes surfaces qui composent une des trois familles du système sont des courbes sphériques toutes égales qui se déduisent les unes des autres par des rotations autour d'un diamètre fixe.

On est ainsi conduit à se poser le problème plus général :

Rechercher tous les systèmes triples tels que les représentations sphériques des surfaces qui composent une de leurs trois familles soient des courbes égales, se déduisant les unes des autres par des déplacements entièrement arbitraires.

Je remarquerai, en terminant, que les équations (A) pourraient être mises

sous la forme suivante :

$$1 = k\frac{\partial\rho_i}{\partial z} + x\frac{\partial\rho_i}{\partial y} - y\frac{\partial\rho_i}{\partial x},$$

et, sous cette nouvelle forme, elles pourraient aisément être intégrées. On pourrait, par exemple, les remplacer par les équations en termes finis

$$\rho_i = \frac{z}{k} + f_i\left(\sqrt{x^2+y^2},\ z - k \operatorname{arc\,tang}\frac{y}{x}\right).$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un procédé général de préparation des monoalcoyl, dialcoyl et trialcoylacétophénones.* Note de MM. A. **Haller** et **Ed. Bauer.**

Dans une précédente Communication [1], nous avons montré que les cétones aromatiques du type benzophénone chauffées, au sein du benzène ou du toluène, en présence de l'amidure de sodium, donnent naissance soit à des produits d'addition avec l'amidure, soit à des produits de dédoublement.

Nous avons cherché à appliquer cette réaction à des cétones mixtes aromatiques et grasses (arylalcoylcétones), et avons constaté que seules les cétones de la formule $C^6H^5.CO.C\begin{smallmatrix}\diagup R \\ -R' \\ \diagdown R''\end{smallmatrix}$, dans lesquelles R, R′ et R″ sont des radicaux hydrocarbonés gras, subissent le dédoublement observé sur les diarylcétones. Comme nous le démontrerons dans la suite, ces combinaisons, chauffées avec de l'amidure de sodium, se scindent en benzine et en amides d'acides trialcoylacétiques dont un seul, l'acide pivalique, est réellement bien connu et étudié.

La présente Note a pour but de montrer comment nous avons préparé quelques-unes de ces cétones.

La seule connue est la triméthylacétophénone ou pivalylbenzène

$$C^6H^5.CO.C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3 \\ -CH^3 \\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}$$

---

(1) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 824.

obtenue par M. Nef [1] en chauffant en tube scellé, à 150°, de l'acétophénone avec de l'iodure de méthyle et de la potasse.

La préparation des homologues supérieurs de cette cétone par la méthode du savant américain semblant déjà ne plus donner de résultats satisfaisants avec l'iodure d'éthyle, nous avons effectué l'alcoylation de l'acétophénone par l'intermédiaire de l'amidure de sodium.

L'un de nous a déjà préconisé et appliqué cette méthode à l'alcoylation de cétones cycliques comme le camphre, la menthone, la thuyone, la méthylcyclohexanone, etc., et en a obtenu de bons résultats [2]. Peu de temps après, M. Claisen [3] utilisa la même méthode pour préparer les mono et diéthylacétophénone et la monobenzylacétophénone, sans toutefois pousser la substitution jusqu'aux trialcoylacétophénones.

Dans nos recherches nous avons réussi à remplacer successivement un, deux et trois atomes d'hydrogène par un, deux et trois radicaux méthyle et éthyle, et avons obtenu finalement les triméthyl et triéthylacétophénones.

Il n'en fut plus de même quand nous fîmes agir les iodures de propyle ou d'allyle sur le produit de l'action de l'amidure de sodium sur l'acétophénone. Il se forma principalement, dans ces conditions, des produits de condensation à point d'ébullition très élevé.

Les choses se passent autrement quand on opère sur des homologues supérieurs de l'acétophénone, comme l'éthyle et la propylphénylcétone, qui se prêtent facilement à la substitution des radicaux propylique, allylique, isoamylique, etc., lorsqu'on soumet ces cétones sodées à l'action de ces iodures alcooliques.

Mode opératoire. — On dissout la cétone à alcoyler dans la benzine sèche et pure et l'on ajoute à cette solution la quantité équimoléculaire d'amidure de sodium finement pulvérisé. Le ballon est ensuite muni d'un réfrigérant à fermeture à mercure et d'un tube à brome. On fait bouillir le mélange au bain-marie; l'amidure entre en réaction, tandis qu'il se dégage de l'ammoniaque qu'on peut recevoir dans une solution titrée d'acide sulfurique.

Suivant la cétone employée, la réaction est achevée au bout de 30 minutes ou de 3 heures. La liqueur est presque limpide, légèrement brunâtre et très hygroscopique. C'est dans cette solution qu'on fait couler goutte à goutte l'iodure ou le bromure alcoolique. La précipitation de NaI ou de NaBr commence en général au bout de quelques minutes.

---

(1) NEF, *Ann. Chem. und Pharm.*, t. CCCX, 1899, p. 316.

(2) A. HALLER, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1139; t. CXL, p. 127 et 1625.

(3) CLAISEN, *Deut. chem. Ges.*, t. XXXVIII, 1905, p. 697.

Il est bon, surtout lorsqu'on opère avec l'iodure de méthyle, de faire arriver le tube de l'ampoule à brome aussi près que possible de la surface du liquide, pour éviter la formation d'iodure de tétraméthylammonium avec l'atmosphère d'ammoniaque qui existe dans le ballon.

Les iodures de méthyle et d'éthyle réagissent assez vivement sur les cétones sodées et la substitution est effectuée au bout de très peu de temps. Avec les iodures supérieurs, il est bon de chauffer de 3 heures à 10 heures.

La réaction terminée, on traite par de l'eau à plusieurs reprises, on distille la benzine et l'on rectifie la cétone sous pression réduite.

Les oximes de ces cétones s'obtiennent, pour les premiers termes, en les faisant bouillir en milieu alcoolique avec du chlorhydrate d'hydroxylamine additionné de la quantité moléculaire de carbonate de soude. Avec les termes supérieurs, il vaut mieux employer le réactif de Crismer, qui donne des rendements quantitatifs.

I. *Triméthylacétophénone ou pivalylbenzène* $C^6H^5.CO.C(CH^3)^3$. — Déjà obtenue par Nef, cette cétone se prépare facilement par notre méthode :

1° En méthylant successivement trois fois, suivant le mode opératoire indiqué plus haut, l'acétophénone sodée au moyen de l'amidure ;

2° En méthylant, en une fois, le dérivé sodé de l'isopropylphénylcétone obtenu par l'action du chlorure d'isobutyryle sur le benzène, en présence de chlorure d'aluminium. (Rendement : 90-95 pour 100 de la théorie.)

Dans ces deux préparations, on peut opérer en milieu éthéré ou benzénique anhydre, en méthylant soit avec de l'iodure, soit avec du bromure de méthyle.

La triméthylacétophénone constitue un liquide mobile, à odeur agréable, un peu poivrée, distillant à 103°-104° sous 13^{mm}.

Son oxime cristallise en tablettes fondant à 166°-167° (165° selon Nef).

II. *Éthyldiméthylacétophénone* $C^6H^5.CO.C\begin{matrix}\diagup (CH^3)^2 \\ \diagdown C^2H^5\end{matrix}$. — Préparée soit en méthylant deux fois la propylphénylcétone, soit en éthylant avec l'iodure ou le bromure d'éthyle l'isopropylphénylcétone.

Dans ce dernier cas, en partant de 50^g d'isopropylcétone, on a obtenu 54^g du produit cherché passant à point fixe. Les deux opérations peuvent se faire en milieu éthéré ou benzénique; les produits obtenus ont été identifiés par leurs oximes.

Liquide mobile à odeur agréable, passant à 112°,5 sous 10^{mm}.

Son oxime se présente sous la forme d'aiguilles fondant à 139° et solubles à chaud dans l'alcool, au sein duquel elle cristallise par refroidissement.

III. *Propyldiméthylacétophénone* $C^6H^5COC\begin{matrix}\diagup (CH^3)^2 \\ \diagdown C^3H^7\end{matrix}$. — Obtenue en

faisant agir l'iodure de propyle sur l'isopropylphénylcétone, sodée en milieu benzénique, cette cétone constitue un liquide à odeur pénétrante passant de 121 à 123 sous une pression de 10^{mm}.

Son oxime, préparée au moyen du réactif de Crismer, fond à 132°-133° et cristallise en aiguilles au sein de sa solution hydro-alcoolique.

IV. *Méthyldiéthylacétophénone* $C^6H^5COC\begin{matrix}\diagup(C^2H^5)^2\\ \diagdown CH^3\end{matrix}$. — Préparée en éthylant deux fois successivement de l'éthylphénylcétone sodée au sein de la benzine, ce composé se présente sous la forme d'un liquide à odeur aromatique passant à 125°-126° sous 11^{mm}. Son oxime fond à 121°.

V. *Triéthylacétophénone* $C^6H^5COC(C^2H^5)^3$. — Cette cétone a été obtenue par éthylation successive de l'acétophénone en milieu benzénique et par éthylation de la propylphénylcétone également au sein du benzène.

Liquide à odeur très agréable distillant à 145°-146° sous 16^{mm}. Son oxime, qui n'a pu être préparée qu'avec le réactif de Crismer, cristallise dans l'alcool aqueux en fines aiguilles fondant à 160°-161°.

VI. *Méthyléthylpropylacétophénone* $C^6H^5COC\begin{matrix}\diagup CH^3\\ -C^2H^5\\ \diagdown C^3H^7\end{matrix}$. — Si dans l'éthylation de l'éthylphénylcétone on essaie de s'arrêter au stade de la formation de la méthyléthylcétone, on constate qu'on n'obtient pas un produit à point d'ébullition constant, le liquide distillant de 100° à 120° sous 100^{mm}. Mais, en opérant sur de notables quantités de cétone sodée qu'on soumet à l'action d'une première molécule d'iodure d'éthyle, on réussit à isoler un liquide passant de 105° à 107° sous 10^{mm} et qui est constitué par de la méthyléthylacétophénone. Ce produit a été sodé à son tour et chauffé avec de l'iodure de propyle. Après les traitements appropriés, on obtient finalement un liquide passant à 135°-136° sous 11^{mm} et qui est constitué par la cétone dissymétrique cherchée.

L'oxime préparée avec le réactif de Crismer fond à 99°-100°.

VII. *Allyldiméthylacétophénone* $C^6H^5COC\begin{matrix}\diagup C^3H^5\\ \diagdown (CH^3)^2\end{matrix}$. — Ainsi que nous l'avons exposé au début de cette Note, l'allylation directe de l'acétophénone ne réussit pas. On obtient des produits de condensation complexes dont il est difficile d'isoler un corps à point d'ébullition constant. Il n'en est plus de même quand on s'adresse à une acétophénone déjà substituée et renfermant en particulier 1^{at} de carbone tertiaire comme la diméthylacétophénone ou isopropylphénylcétone. Préalablement sodée au sein du

benzène avec l'amidure, cette cétone fournit en effet avec l'iodure d'allyle la diméthylallylacétophénone avec un rendement de 90 pour 100 de la théorie.

C'est un liquide à odeur peu agréable, distillant à 121° sous une pression de 11^{mm}.

On a essayé de préparer son oxime en la chauffant pendant 10 heures, en solution alcoolique, avec le sel de Crismer, sans arriver à produire cette combinaison.

En résumé, ces recherches montrent que les arylalcoylcétones de la formule générale $C^6H^5CO - R$, dans lesquelles le radical R a la forme $CH^2 - R'$ et $CH\begin{smallmatrix}\diagup R' \\ \diagdown R''\end{smallmatrix}$ (R' et R'' étant à leur tour des radicaux aliphatiques), sont susceptibles de passer à un degré d'alcoylation plus avancé pour fournir finalement des trialcoylacétophénones $C^6H^5COC\begin{smallmatrix}\diagup R' \\ - R'' \\ \diagdown R'''\end{smallmatrix}$, si on les traite au sein de solvants, comme l'éther et les carbures benzéniques, par de l'amidure de sodium et des iodures alcooliques.

Nous continuons l'étude de ces alcoylations par l'intermédiaire de l'amidure de sodium, et avons l'intention de les étendre à d'autres arylalcoylcétones ainsi qu'à des naphtylalcoylcétones.

Dans une prochaine Communication nous ferons voir comment on peut arriver à préparer très facilement l'acide pivalique et tous les acides trialcoylacétiques en partant des trialcoylacétophénones.

M. Alfred Grandidier s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie le premier Tome de l'*Ethnographie de Madagascar* que je viens de publier en collaboration avec mon fils. Mon *Histoire physique, naturelle et politique de Madagascar* compte aujourd'hui, avec ce Tome, 21 Volumes parus, environ la moitié de ce que l'Ouvrage entier comprendra lorsqu'il sera terminé, ce à quoi s'emploie avec moi et s'emploiera après moi mon fils.

Dans ce premier Tome de l'*Ethnographie*, que suivront bientôt deux autres, nous avons étudié l'origine des Malgaches et nous montrons, preuves à l'appui, que le fond de la population indigène n'est point d'origine africaine, comme on l'a toujours dit, mais d'origine austronésienne, venu par conséquent d'Extrême-Orient.

Nous indiquons ensuite l'état passé et actuel des Malgaches, leur division en races et clans, leur dénombrement, leur natalité et mortalité, leur division politique et administrative, leurs occupations diverses et leurs croyances. Enfin, un Chapitre est consacré à l'œuvre et à l'influence à Madagascar des étrangers, Juifs, Arabes, Indiens, Javanais, Nègres africains et Européens. A ce Volume est jointe la Carte à $\frac{1}{2000000}$ du centre de Madagascar que, à la demande de l'État-Major de l'Armée, j'ai dressée en 1895 d'après ma triangulation et mes levés, ainsi que d'après les levés des Pères Roblet et Colin, et qui a servi à l'attaque et à la prise de Tananarive.

Dans les Volumes suivants, nous étudierons les Malgaches dans leur aspect et leur constitution physique, dans leurs mœurs, leurs habitations, leur religion, leurs maladies et leur organisation sociale.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie royale des Sciences et des Arts de Barcelone**, par l'organe de son Président, adresse une lettre de condoléances à l'occasion du décès de M. *Albert Gaudry*, qui était l'un de ses Correspondants.

M. F. **Priem** adresse des remercîments à l'Académie pour la distinction accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la série de Dirichlet.* Note de M. **Harald Bohr.**

Dans son profond Mémoire (1) sur la multiplication des séries, M. Cesàro a introduit la notion d'une série *m fois indéterminée*. Voici la définition de M. Cesàro :

Soit

$$s_n = u_1 + u_2 + \ldots + u_n, \qquad S'_n = s_1 + s_2 + \ldots + s_n, \qquad S_n^{(m)} = S_1^{(m-1)} + S_2^{(m-1)} + \ldots + S_n^{(m-1)}.$$

Si l'on a

$$\lim_{n=\infty} \frac{S_n^{(m)}\, m!}{n^m} = s,$$

(1) *Bulletin des Sciences mathématiques*, t. XIV, 1890.

nous dirons que la série infinie $\sum_1^\infty u_n$ *est m fois indéterminée et a pour valeur moyenne s.*

(Une série convergente peut être considérée comme une série zéro fois indéterminée.)

M. Cesàro démontre qu'une série m fois indéterminée avec la moyenne s est aussi $m+1$ fois indéterminée avec la même moyenne s, mais que la proposition inverse n'a pas lieu généralement.

Le but de cette Note est de montrer comment il est possible, par l'extension de la notion de convergence de M. Cesàro, de donner en général à la série $\sum_1^\infty \frac{a_n}{n^x}$ un sens déterminé même pour des champs extérieurs au domaine de convergence de la série.

Nous commencerons par énoncer un théorème auxiliaire concernant la série m fois indéterminée, théorème qui est en complète analogie avec le théorème suivant de M. Dedekind pour la série convergente :

Soit la série $\sum_1^\infty u_n$ *convergente ou oscillante entre des limites finies* ($|s_n| <$ const.); *si de plus :* 1° $\sum_1^\infty |a_n - a_{n+1}|$ *est convergente ;* 2° $\lim_{n=\infty} \alpha_n = 0$, *la série* $\sum_1^\infty u_n \alpha_n$ *sera convergente et égale à la série absolument convergente* $\sum_1^\infty s_n(\alpha_n - \alpha_{n+1})$.

Correspondant au théorème de M. Dedekind, nous aurons, pour la série indéterminée, le théorème suivant :

1. *Soit* $\sum_1 u_n$ *m fois indéterminée ou m fois oscillante entre des limites finies* (*c'est-à-dire* $\left|\frac{S_n^{(m)} m!}{n^m}\right| <$ const.). *Si de plus :* 1° *les séries (en nombre* $m+1$)

$$\sum_1^\infty |\Delta_1 \alpha_n|, \quad \sum_1^\infty n|\Delta_2 \alpha_n|, \quad \ldots, \quad \sum_1^\infty n^m |\Delta_{m+1} \alpha_n|,$$

sont convergentes [1]; 2° $\lim_{n=\infty} \alpha_n = 0$, *la série* $\sum_1^\infty u_n \alpha_n$ *sera m fois indéterminée*

---

[1] $$\Delta_n \alpha_n = \alpha_n - r\alpha_{n+1} \ldots (-1)^\rho \binom{n}{\rho} \alpha_{n+\rho} \ldots (-1)^r \alpha_{n+r}.$$

avec la valeur moyenne égale à la somme de la série absolument convergente $\sum_1^\infty S_n^{(m)} \Delta_{m+1}^{\alpha_n}$.

Nous allons appliquer lesdits théorèmes à la série de Dirichlet. A l'aide du théorème de M. Dedekind, M. Jensen (¹) a démontré la proposition fondamentale suivante :

Soit $\sum_1^\infty \frac{a_n}{n^x}$ *convergente ou oscillante entre des limites finies pour* $x = x_0$; *la série sera convergente pour toute valeur* x *satisfaisant à la condition* $R(x) > R(x_0)$.

La proposition de M. Jensen se démontre facilement en substituant

$$u_n = \frac{a_n}{n^{x_0}}, \qquad \alpha_n = \frac{1}{n^{x-x_0}}, \qquad u_n \alpha_n = \frac{a_n}{n^x},$$

dans le théorème de M. Dedekind.

En appliquant le théorème 1, nous pouvons démontrer le théorème suivant, analogue au théorème de M. Jensen :

I. *Soit, pour* $x = x_0$, $\sum_1^\infty \frac{a_n}{n^x}$ *m fois indéterminée ou m fois oscillante entre des limites finies; la série* $\sum_1^\infty \frac{a_n}{n^x}$ *sera m fois indéterminée pour toute valeur* x *satisfaisant à la condition* $R(x) > R(x_0)$.

La démonstration de I se fait facilement en posant dans le théorème 1

$$u_n = \frac{a_n}{n^{x_0}}, \qquad \alpha_n = \frac{1}{n^{x-x_0}}, \qquad u_n \alpha_n = \frac{a_n}{n^x}.$$

Partant de là, on établira immédiatement l'existence d'une droite d'indétermination (m fois)

$$R(x) = \lambda_m \qquad (-\infty \leqq \lambda_m \leqq +\infty),$$

c'est-à-dire telle que, pour toute valeur de x située à droite de cette droite, la série est m fois indéterminée, et que, pour toute valeur de x située à gauche, la série ne l'est pas. Nous aurons évidemment : abscisse de convergence $\lambda_0 \geqq \lambda_1 \geqq \lambda_2 \ldots \geqq \lambda_m \geqq \lambda_{m+1} \ldots$.

(¹) *Tidsskrift for Mathematik*, 5ᵉ série, t. II, 1884.

Correspondant au théorème suivant dû à M. Cahen [1] :

Si

$$\lambda_0 \geqq 0, \qquad \lambda_0 = \limsup_{n=\infty} \frac{\log|S_n|}{\log n} \qquad \left(s_n = \sum_{r=1}^{n} a_n\right),$$

nous aurons ici le théorème analogue :

II. *Si*

$$\lambda_m \geqq 0, \qquad \lambda_m = \limsup_{n=\infty} \frac{\log \dfrac{S_n^{(m)} m!}{n^m}}{\log n} \qquad \left(s_n = \sum_{n=1}^{n} a_r, \ \ldots, \ S_n^{(m)} = \sum_{n=1}^{n} S_r^{(m-1)}\right).$$

Nous énoncerons encore le théorème suivant :

III. *Si la série* $\sum_1^\infty \frac{a_n}{n^x}$ *est m fois indéterminée pour une valeur* x_0 *de* x, *elle est* $m - 1$ *fois indéterminée pour toute valeur* x *satisfaisant à la condition*

$$R(x) > R(x_0) + 1.$$

Par conséquent,

$$\lambda_{m-1} - \lambda_m \leqq 1.$$

En introduisant la notion d'une série *uniformément indéterminée*, on peut démontrer le théorème suivant, analogue à un théorème de M. Cahen concernant la série de Dirichlet dans son domaine de convergence :

IV. *La fonction représentée à droite de* $R(x) = \lambda_m$ *par la moyenne de la série de Dirichlet m fois indéterminée sera une fonction analytique et régulière dans tous les points de ce domaine, c'est-à-dire pour* $R(x) > \lambda_m$.

Or, dans le domaine de convergence, la valeur moyenne de la série (considérée comme série m fois indéterminée) coïncidera avec la somme de la série (considérée comme série convergente). Par conséquent, si $\lambda_m < \lambda_0$, la moyenne de la série m fois indéterminée nous donnera, pour $\lambda_0 \geqq R(x) > \lambda_m$, *le prolongement analytique* de la fonction définie dans le domaine de convergence [pour $R(x) < \lambda_0$] par la somme de la série [2].

Nous allons donner une application des propositions présentées ci-dessus

---

(1) *Sur la fonction* $\zeta(s)$ *de Riemann et sur des fonctions analogues* (*Thèse* Paris, 1894).

(2) Il résulte immédiatement de la proposition susdite que, pour tous les m, $\lambda_m \geqq l$, où l désigne le nombre réel le plus petit satisfaisant à la condition que la fonction définie par la série soit régulière à droite de $R(x) = l$, c'est-à-dire pour $R(x) > l$.

à la série spéciale $\sum_1^\infty \frac{(-1)^{n+1}}{n^x}$, qui, comme on le sait, dans son domaine de convergence [pour $R(x) > 0$], représente la fonction $\zeta(x)(1-2^{1-x})$. Nous aurons ici le théorème suivant, dont la démonstration est assez facile:

V. *La série* $\sum_1^\infty \frac{(-1)^{n+1}}{n^x}$ *est m fois oscillante entre des limites finies pour* $x = -m$.

Partant de là, le théorème I *nous montre immédiatement que* $\lambda_m = -m$.

Le théorème V nous apprend que *la série* $\sum_1^\infty \frac{(-1)^{n+1}}{n^x}$ *peut servir à définir la fonction* $\zeta(x)(1-2^{1-x})$ *dans tout le plan.* En effet, pour $x_0 > 0$, la série $\sum_1^\infty \frac{(-1)^{n+1}}{n^{x_0}}$ sera m fois convergente et aura la somme

$$\zeta(x_0)(1-2^{1-x_0});$$

pour $-m < x_0 \leqq -m+1$, la série $\sum_1^\infty \frac{(-1)^{n+1}}{n^{x_0}}$ sera m fois indéterminée et de la valeur moyenne $\zeta(x_0)(1-2^{1-x_0})$ (¹).

Il résulte encore immédiatement, de la proposition V, que la fonction $\zeta(x)(1-2^{1-x})$ ne peut avoir aucune singularité à distance finie de l'ori-

---

(¹) Considérons par exemple $x = -m$ (m nombre positif entier); le théorème V nous apprend que la série $\sum_1^\infty \frac{(-1)^{n+1}}{n^{-m}} = \sum_1^\infty (-1)^{n+1} n^m$ est m fois oscillante entre des limites finies, mais $m+1$ fois indéterminée avec la valeur moyenne

$$\zeta(-m)(1-2^{1+m}).$$

Or, dans son Mémoire cité, M. Cesàro a déjà regardé la série $\sum_1^\infty (-1)^{n+1} n^m$ [sans aucune relation avec la fonction $\zeta(x)(1-2^{1-x})$] comme un simple exemple d'une série $m+1$ fois indéterminée, et il a indiqué (en employant une désignation des nombres de Bernoulli un peu différente de la désignation généralement employée) que sa valeur moyenne est égale à $\frac{2^{m+1}-1}{m+1} B_{m+1}$. Par conséquent, nous aurons ici $\zeta(-m)(1-2^{1+m}) = \frac{2^{m+1}-1}{m+1} B_{m+1}$, $\zeta(-m) = -\frac{B_{m+1}}{m+1}$, théorème déjà connu, déduit de la représentation de la fonction $\zeta(x)$ par des intégrales.

gine, c'est-à-dire qu'elle est une fonction entière, par conséquent *que la fonction* $\zeta(x)$, *définie pour* $R(x) > 1$ *par la série* $\sum_1^\infty \frac{1}{n^x}$, *est une fonction méromorphe ayant le seul pôle* $x = 1$ (¹).

Nous mentionnerons encore que, partant du théorème auxiliaire (1), on peut facilement établir une foule de séries absolument convergentes, ayant pour domaines respectivement $R(x) > -1$, $R(x) > -2$, ... et représentant la fonction $\zeta(x)(1-2^{1-x})$. Nous aurons, par exemple, pour $R(x) > -1$ $\left(\text{en posant } u_n = \frac{(-1)^{n+1}}{n^{-1}}, \alpha_n = \frac{1}{n^{1+x}}\right)$,

$$\zeta(x)(1-2^{1-x}) = \sum_1^\infty n\left[\frac{1}{(2n-1)^{x+1}} - \frac{2}{(2n)^{x+1}} + \frac{1}{(2n+1)^{x+1}}\right].$$

On pourra établir des théorèmes aussi bien pour la série générale de Dirichlet $\sum_1^\infty a_n e^{-\lambda_n x}$ que pour l'intégrale analogue $\int_1^\infty a(t)e^{-tx}\,dt$ et pour la série de factorielles, théorèmes qui seront analogues à ceux présentés dans cette Note pour la série $\sum_1^\infty \frac{a_n}{n^x}$.

J'espère pouvoir bientôt publier un Mémoire traitant plus en détail de l'indétermination de la série de Dirichlet.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales doubles de première espèce attachées à une variété algébrique.* Note de M. **Francesco Severi**, présentée par M. E. Picard.

On a épuisé désormais la recherche du nombre des intégrales simples de première espèce attachées à une surface ou plus généralement à une variété algébrique. Je me propose de trouver ici les conditions pour qu'une variété à trois dimensions

$$f(x, y, z, t) = 0$$

possède des intégrales doubles de première espèce.

D'après M. Poincaré, la variété f possède autant de cycles distincts à

(¹) Cette proposition sur la fonction $\zeta(x)$ est, comme on sait, due à Riemann. M. Jensen (*Comptes rendus*, t. CIV, 1887) en a donné une démonstration élémentaire, en montrant que $\zeta(x)(1-x)$ est une fonction entière.

quatre dimensions que de cycles distincts à deux dimensions. Soit R le nombre de ces cycles.

On démontre alors aisément que l'on peut obtenir sur une surface

$$f(x, y, \bar{z}, t) = 0 \qquad (\bar{z}, \text{ paramètre})$$

R cycles *distincts* à deux dimensions, en coupant R cycles distincts à quatre dimensions de la variété, avec l'espace $z = \bar{z}$. Il va sans dire qu'un de ces cycles pourra donner sur la surface $f(x, y, \bar{z}, t) = 0$ deux ou plusieurs cycles séparés; mais en ce cas on formera la *somme* de ces cycles en les réunissant par des petites surfaces cylindriques.

Après une circulation de $\bar{z}$, les R cycles ainsi obtenus reviennent en eux-mêmes : on les nommera par suite des *cycles invariants*.

Ceci posé, envisageons une intégrale du type

$$(1) \qquad \iint \frac{\varphi(x, y, \bar{z}, t)}{f'_t} dx\, dy,$$

$\varphi(x, y, z, t)$ étant un polynome d'ordre $m - 4$, adjoint à la variété f d'ordre m.

Les périodes de (1), le long des cycles invariants, sont des fonctions uniformes partout finies de $\bar{z}$, et par suite elles se réduisent à des constantes.

En développant ces périodes dans le domaine de $\bar{z} = \infty$, comme le fait M. Picard dans un cas analogue, on trouve que les constantes susdites sont nulles.

D'où l'on tire qu'une intégrale double de première espèce I, attachée à notre variété, ne peut pas donner sur la surface $f(x, y, \bar{z}, t) = 0$ une intégrale du type (1). En effet, dans l'hypothèse contraire, toute période de I, étant une combinaison des périodes relatives aux cycles invariants, serait nulle. On arrive, par suite, à la conclusion que *le nombre* Q *des intégrales doubles de première espèce attachées à la variété f ne peut pas surpasser le défaut du système linéaire coupé sur un espace $z = \bar{z}$ par les variétés d'ordre $m - 4$ adjointes à f.*

J'en déduis l'inégalité

$$(2) \qquad Q \geqq q_1 + q_2,$$

q_1 étant la différence $p_g - p_a$ entre les genres d'une section $z = \bar{z}$ et q_2 la différence $P_g - P_a$ entre les genres de la variété f elle-même.

Peut-on transformer (2) en une égalité, comme il arrive dans beaucoup de cas particuliers? Voilà une question très difficile qui demeure en suspens.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème sur les différentielles.* Note de M. W.-H. Young, présentée par M. E. Picard.

1. Dans le cas où toutes les dérivées partielles de premier, second, ..., $m^{\text{ième}}$ ordre d'une fonction $f(x, y)$ existent au point (x, y) et ont des valeurs qui ne dépendent pas de l'ordre dans lequel les différentes dérivations par rapport à x et à y se suivent [1], on peut donner le nom de *différentielle*, ou *différentielle totale*, d'ordre m, à l'expression suivante :

$$\sum_{r=0}^{r=m} \binom{m}{r} \frac{\partial^m f(x, y)}{\partial x^{m-r} \partial y^r} h^{m-r} k^r;$$

c'est ce que fait M. Jordan dans son *Cours d'Analyse* (2e éd., t. I, p. 120). M. Stolz, qui donne cette définition dans son Livre *Grundzüge der Differenzial und Integralrechnung*, ajoute qu'il dit que la fonction $f(x, y)$ *possède une différentielle d'ordre m* au point (x, y), pourvu qu'il soit possible de l'exprimer dans le voisinage du point (x, y) de la façon suivante :

$$f(x+h, y+k) = f(x, y) + hf'_x + kf'_y + \frac{1}{2!}(h^2 f''_{xx} + 2hkf''_{xy} + k^2 f''_{yy}) + \ldots$$
$$+ \frac{1}{m!}\left\{ \sum_{r=0}^{r=m} \binom{m}{r} \left[\frac{\partial^m f(x, y)}{x^{m-r} y^r} + e_r \right] h^{m-r} k^r \right\},$$

où $e_1, \ldots, e_r, \ldots$ tendent vers zéro avec h et k; c'est dans ce sens que j'emploie ce terme.

2. Dans la présente Note, je me propose de démontrer un nouveau théorème, qu'on pourrait appeler *le théorème fondamental de la théorie des différentielles des fonctions de deux variables :*

THÉORÈME. — *Si* $\frac{\partial f}{\partial x}$ *et* $\frac{\partial f}{\partial y}$ *ont tous deux leurs différentielles de premier ordre, la fonction* $f(x, y)$ *possède une différentielle du second ordre.*

En effet, $f'_x = \frac{\partial f}{\partial x}$ ayant une différentielle du premier ordre, il nous est permis d'écrire

$$(1) \qquad f'_x(x+h, y+k) - f'_x(x, y) = h(f''_{xx} + e) + k(f''_{xy} + e'),$$

où e et e' ont pour limite zéro quand h et k tendent vers zéro.

---

[1] De façon que $f''_{xy} = f''_{yx}$, $f'''_{xxy} = f'''_{xyx} = f'''_{yxx}$, ...

Mais

$$(2)\quad \begin{cases} f'_x(x+h, y+k) - f'_x(x, y) \\ \equiv \dfrac{f'_x(x+h, y+k) - f'_x(x+h, y)}{k} k + \dfrac{f'_x(x+h, y) - f'_x(x, y)}{h} h \\ = \dfrac{f'_x(x+h, y+k) - f'_x(x+h, y)}{k} k + (f''_{xx} + e'')h, \end{cases}$$

où e'' a pour limite zéro quand h tend vers zéro, k variant arbitrairement. La comparaison de (1) et (2) donne

$$\frac{f'_x(x+h, y+k) - f'_x(x+h, y)}{k} = \frac{h}{k}(e - e'') + f''_{yx} + e'.$$

Il s'ensuit que quand h et k tendent d'une manière quelconque vers leur limite zéro, pourvu que $\frac{h}{k}$ ait une limite finie, ce qui veut dire que $\frac{k}{h}$ ne doit pas avoir la limite zéro, le premier membre de l'équation précédente a la limite unique f''_{yx}.

D'un raisonnement absolument analogue, il résulte que

$$\frac{f'_y(x+h, y+k) - f'_y(x, y+k)}{h}$$

a la limite unique f''_{xy} quand h et k tendent d'une manière quelconque vers zéro, pourvu que $\frac{h}{k}$ n'ait pas la limite zéro.

3. Employant la notation suivante :

$$m_y(x, x+h) \equiv \frac{f(x+h, y) - f(x, y)}{h},$$

$$m(x+h, y+k; x, y) \equiv \frac{f(x+h, y+k) - f(x+h, y) - f(x, y+k) + f(x, y)}{k},$$

on a

$$\begin{aligned} m(x+h, y+k; x, y) &= \frac{m_{y+k}(x+h, x) - m_y(x, x+h)}{k} \\ &= \frac{\partial}{\partial y} m_{y+\theta k}(x, x+h) \\ &= \frac{f'_y(x+h, y+\theta k) - f'_y(x, y+\theta k)}{h} \qquad (0 < \theta < 1). \end{aligned}$$

Il s'ensuit que quand h et k tendent vers zéro d'une manière telle que $\frac{h}{k}$ n'ait pas la limite zéro, et par conséquent que $\frac{h}{\theta k}$ n'ait pas la limite zéro, $m(x+h, y+k, x, y)$ a la limite unique f''_{xy}.

D'une manière analogue on démontre que quand h et k tendent vers zéro d'une façon quelconque, pourvu que $\frac{k}{h}$ n'ait pas la limite zéro, $m(x+h, y+k, x, y)$ a la limite unique f''_{yx}.

Si l'on choisit h et k de manière que ni l'un ni l'autre des rapports $\frac{h}{k}$, $\frac{k}{h}$ ait la limite zéro, il est évident que

$$f''_{yx} = f''_{xy};$$

on en déduit que, *quelle que soit la manière dont h et k tendent vers zéro, $m(x+h, y+k, x, y)$ a sans exception une limite unique dont la valeur est celle de f''_{yx} ou f''_{xy}.*

4. Donc

$$f(x+h, y+k) - f(x+h, y) - f(x, y+k) + f(x, y) = hk(f''_{xy} + e_1),$$

où e_1 a la limite zéro quand h et k tendent vers zéro d'une manière quelconque.

Mais

$$f(x+h, y) - f(x, y) = hf'_x + \frac{h^2}{2!}(f''_{xx} + e_2),$$

$$f(x, y+k) - f(x, y) = kf'_y + \frac{k^2}{2!}(f''_{yy} + e_3).$$

En additionnant ces trois équations, on obtient

$$\begin{aligned} &f(x+h, y+k) - f(x, y) \\ &= hf'_x + kf'_y + \frac{1}{2!}(h^2 f''_{xx} + 2hkf''_{xy} + k^2 f''_{yy} + h^2 e_1 + 2hke_2 + k^2 e_3), \end{aligned}$$

ce qui veut dire que *$f(x, y)$ a une différentielle de second ordre.*

5. Le théorème précédent n'est qu'un cas particulier du théorème plus général suivant : *Si $\frac{\partial^n f}{\partial x^r \partial y^s}$ $(n = r + s)$ a toujours une différentielle première, la fonction f a toujours une différentielle d'ordre $n+1$.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un point critique particulier de la solution des équations de l'élasticité dans le cas où les efforts sur la frontière sont donnés.* Note de M. A. **Korn**, présentée par M. E. Picard.

La question, si les solutions du problème des efforts (¹) :

$$(1)\qquad \Delta u + k\frac{\partial\theta}{\partial x} = 0, \qquad \ldots \qquad \text{(à l'intérieur du corps)},$$

$$(2)\qquad \frac{\partial u}{\partial \nu} = \frac{1-k}{2}\theta\cos(\nu x) - \frac{1}{2}[\mathfrak{w}\cos(\nu y) - \mathfrak{v}\cos(\nu z)] + f_1, \qquad \ldots \qquad \text{(à la surface)}$$

peuvent devenir indépendantes du paramètre k par un choix convenable des fonctions f_1, f_2, f_3 données à la surface, a déjà attiré l'attention des géomètres à plusieurs reprises (²). D'une part, il est évident qu'on doit avoir dans ce cas spécial

$$(3)\qquad \theta = 0;$$

d'autre part, les solutions u, v, w doivent être en même temps des solutions du problème préliminaire ($k = 1$)

$$(4)\qquad \Delta u + \frac{\partial\theta}{\partial x} = 0, \qquad \ldots \qquad \text{(à l'intérieur)},$$

$$(5)\qquad \frac{\partial u}{\partial \nu} = -\frac{1}{2}[\mathfrak{w}\cos(\nu y) - \mathfrak{v}\cos(\nu z)] + f_1, \qquad \ldots \qquad \text{(à la surface)};$$

en tenant compte de mes recherches sur ce problème préliminaire et sur les triplets préliminaires (³), on trouve facilement que, dans tous les cas où il y a des triplets préliminaires $u'_\varkappa$, $v'_\varkappa$, $w'_\varkappa$ satisfaisant à l'équation

$$(6)\qquad \theta'_\varkappa = 0,$$

on pourra trouver des solutions du problème

$$(7)\qquad \Delta u + k\frac{\partial\theta}{\partial x} = 0, \qquad \ldots$$

(¹) J'emploie les notations d'une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 578; voir aussi le Mémoire plus étendu, *Ann. de la Fac. des Sciences de Toulouse*, 1908).

(²) Cf. E. et F. Cosserat, *Comptes rendus*, t. CXXXIII, 1901, p. 382.

(³) Cf. ma dernière Note sur le problème des efforts (*Comptes rendus*. t. CXLVII, 1908, p. 1468).

à l'intérieur,

$$(8)\quad \frac{\partial u}{\partial \nu} = \frac{1-k}{2}\theta\cos(\nu x) - \frac{1}{2}[w\cos(\nu y) - v\cos(\nu z)] + (1-\lambda_\varkappa)\frac{\partial u'_\varkappa}{\partial \nu}, \quad \ldots$$

à la surface, indépendantes de k.

Les triplets préliminaires de la sphère $u'_\varkappa$, $v'_\varkappa$, $w'_\varkappa$, pour lesquels on a

$$\theta'_\varkappa = 0,$$

sont

$$(9)\quad u'_\varkappa = y\frac{\partial F_\varkappa}{\partial z} - z\frac{\partial F_\varkappa}{\partial y},$$

où

$$(10)\quad F_\varkappa = r_1^\varkappa Y_\varkappa(\mu_1\varphi_1) \qquad (\varkappa = 1, 2, \ldots)$$

et où $Y_\varkappa$ désigne une fonction sphérique quelconque de l'ordre $\varkappa$ (¹). Comme on a

$$(11)\quad \frac{\partial u'_\varkappa}{\partial \nu} = -\frac{\varkappa}{R}\left(y\frac{\partial F_\varkappa}{\partial z} - z\frac{\partial F_\varkappa}{\partial y}\right),$$

chaque problème sphérique

$$(12)\quad \Delta u + k\frac{\partial \theta}{\partial x} = 0, \quad \ldots$$

à l'intérieur,

$$(13)\quad \frac{\partial u}{\partial \nu} = \frac{1-k}{2}\theta\cos(\nu x) - \frac{1}{2}[w\cos(\nu y) - v\cos(\nu z)] + y\frac{\partial F_\varkappa}{\partial z} - z\frac{\partial F_\varkappa}{\partial y}, \quad \ldots$$

à la surface ($\varkappa = 2, 3, \ldots$), aura des solutions indépendantes de k :

$$(14)\quad u = -\frac{2R}{\varkappa - 1}\left(y\frac{\partial F_\varkappa}{\partial z} - z\frac{\partial F_\varkappa}{\partial y}\right), \quad \ldots.$$

(¹) En prenant le centre de la sphère comme origine et en introduisant les coordonnées polaires par les transformations

$$x = r_1\mu_1,$$
$$y = r_1\sqrt{1-\mu_1^2}\cos\varphi_1,$$
$$z = r_1\sqrt{1-\mu_1^2}\sin\varphi_1.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la théorie de la Lune.* Note de M. H. ANDOYER.

En attendant la publication intégrale des derniers résultats que j'ai obtenus en poursuivant mes recherches sur la théorie de la Lune, je signalerai seulement les suivants, relatifs au groupe des termes en e^3, et qui me paraissent les plus intéressants.

Les termes en e^3m^5 et e^3m^6 de l'*évection*, c'est-à-dire du coefficient de $\sin(2D - l)$ dans la longitude de la Lune, suivant les notations connues, sont à corriger de la façon suivante dans la théorie de Delaunay : au lieu de

$$+\frac{1\,811\,483\,963}{2^{17}.3^2}e^3m^5 + \frac{54\,177\,963\,161}{2^{19}.3^2}e^3m^6,$$

il faut prendre

$$+\frac{486\,932\,219}{2^{17}.3^2}e^3m^5 + \frac{21\,120\,754\,697}{2^{19}.3^2}e^3m^6.$$

Les termes en e^2m^6 et e^2m^7 du mouvement du périgée, tels qu'ils ont été donnés par Delaunay (*Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 17) sont de même à corriger : au lieu de

$$-\frac{25\,291\,729}{2^{14}}e^2m^6 + \frac{352\,038\,885}{2^{17}.3^2}e^2m^7,$$

il faut prendre

$$-\frac{34\,271\,929}{2^{14}}e^2m^6 - \frac{4\,851\,073\,993}{2^{17}.3}e^2m^7.$$

En faisant ces corrections on voit réapparaître l'accord nécessaire entre la théorie analytique et la théorie numérique de M. E.-W. Brown.

En particulier, le mouvement annuel du périgée subit une correction de 20 secondes environ et, en usant du complément probable de la série qui le représente, on retombe exactement, pour la partie de ce mouvement qui dépend de e^2, sur la valeur donnée par M. Brown.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Dynamomètre pour essais de moteurs à grande vitesse angulaire.* Note de M. RINGELMANN, présentée par M. A. Müntz.

Les essais des moteurs s'effectuent au frein de Prony, auquel plusieurs ingénieurs ont apporté des améliorations en vue de faciliter le réglage ou la

manœuvre; nous rappellerons le frein automatique que nous avons combiné en 1894 pour nos essais de moteurs à pétrole lampant.

Pour les essais de moteurs à grande vitesse angulaire, tels que ceux des automobiles, bateaux, aéroplanes, etc., la manœuvre du frein de Prony est délicate et surtout malpropre par les projections du liquide lubrifiant qu'il faut fournir abondamment pour les essais d'une durée d'au moins 1 heure; disons cependant que c'est avec de semblables freins que nous avons pu procéder aux essais de 74 moteurs à alcool des concours de 1901 et 1902 (¹) organisés à la station d'essais de machines par le Ministère de l'Agriculture.

On a proposé divers dispositifs et surtout l'emploi de dynamos, soit comme appareil d'absorption, soit en équilibrant la dynamo pour l'utiliser à la façon d'un frein (dynamo-frein), soit en se basant sur la résistance de l'air (moulinets).

Dans tous ces appareils il y a une constante, ou une quantité considérée comme telle, à faire intervenir dans le calcul: rendement électrique de la dynamo (variable d'un jour à l'autre), frottements d'un arbre (variables avec le serrage, le graissage, la vitesse, la température et l'état des surfaces), etc. Malgré cela beaucoup de ces appareils donnent des résultats assez rapprochés pour que l'industrie puisse les utiliser.

Pour nos recherches scientifiques, nous avions à résoudre le problème suivant :

Un dynamomètre spécial est intercalé entre le moteur à essayer et des résistances modifiables à volonté en cours de travail.

Le dynamomètre doit indiquer l'*énergie totale* fournie à chaque instant par le moteur, sans faire intervenir une constante due aux frottements des arbres ou des mécanismes.

Le dynamomètre doit être à la fois indicateur, enregistreur et totalisateur.

Il est complété par un jaugeur permettant de voir rapidement, sans arrêter le moteur, la consommation de combustible. Enfin, un compteur d'eau et des thermomètres donnant les températures de l'air, de l'eau à l'entrée et à la sortie de la double enveloppe des cylindres et du radiateur, celle des gaz de l'échappement.

Le *dynamomètre* proprement dit devait répondre aux conditions suivantes :

a. Revenir au zéro lorsque l'énergie transmise devient nulle;

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 2 juin 1902, p. 1293.

b. Ses déformations doivent être proportionnelles aux efforts;

c. Il ne doit pas changer d'indication dans le temps, et doit rester toujours comparable à lui-même;

d. La transmission aux appareils indicateurs et enregistreurs doit être simple sans jouer le rôle d'amortisseur (comme dans le cas de transmissions par l'air ou par les liquides).

En principe, le dynamomètre consiste en une lame de ressort radiale, fixée à l'extrémité d'un arbre portant un tambour entraînant, par courroie, une résistance quelconque.

Le ressort est entraîné par un toc fixé sur le volant du moteur à essayer (ce toc est maintenu sur l'arbre du moteur et est équilibré).

La flexion du ressort est transmise par crémaillère et pignon à une pièce qui peut coulisser dans l'intérieur de l'arbre du dynamomètre, tout en tournant avec ce dernier; cette pièce sort de l'arbre, à l'extrémité opposée au ressort, sur une table qui porte divers appareils :

a. Une aiguille se déplaçant devant un cadran indiquant à chaque instant l'effort transmis au dynamomètre par le toc du moteur;

b. Un totalisateur des kilogrammètres transmis;

c. Un enregistreur, dont le papier est déroulé par l'arbre, sur lequel se trace la ligne des efforts transmis à chaque instant et limitant une surface représentant les kilogrammètres;

d. Un compteur de tours du moteur;

e. Un tachymètre enregistreur, inscrivant les variations élémentaires de vitesse du moteur.

Des débrayages permettent l'arrêt ou la mise en route de chacun de ces appareils, de sorte que l'essai peut ne durer que quelques minutes ou se prolonger toute une journée.

La *résistance*, commandée par courroie et poulies (fixe et folle), peut être quelconque, car on n'a pas à la calculer, toute l'énergie du moteur étant indiquée par le dynamomètre. On peut employer une dynamo ordinaire, une pompe centrifuge, un ventilateur, un moulinet, etc., en un mot une machine quelconque appropriée à la quantité d'énergie fournie par le moteur essayé.

Comme nous voulions, pour nos recherches, que la résistance soit modifiable à volonté, en cours de marche (sans avoir besoin d'arrêter le moteur), tout en la maintenant constante pendant la durée que nous désirions, nous employons une série de poulies montées sur un arbre et tournant dans un bac à circulation d'eau; la hauteur du plan d'eau se modifie à volonté; sur chaque poulie appuie un sabot en bois dont la charge est obtenue par des poids accrochés à l'extrémité de leviers. On peut donc,

très rapidement, par la lecture du dynamomètre, modifier ces poids jusqu'à ce qu'on fasse donner au moteur à essayer la puissance qu'on désire, de zéro à sa puissance maximum, tout en observant toutes ses conditions de fonctionnement : énergie transmise et ses variations, vitesse et ses variations, etc.

Le *jaugeur* est un récipient en verre, gradué, raccordé au carburateur et placé, par rapport à ce dernier, au même niveau que le réservoir à combustible logé dans une automobile (un bateau ou un aéroplane); le zéro de la graduation, qui est à la partie supérieure du jaugeur, se trouve dans une portion de petit diamètre afin d'atténuer les erreurs.

Le *compteur d'eau* est du type à bascule; il pèse l'eau qui s'échappe de la double enveloppe du moteur à une température relevée par un thermomètre enregistreur.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur une formule de vitesse applicable à la propulsion dans l'air.* Note [1] de M. **Alphonse Berget**, présentée par M. L.-E. Bertin.

On a, dès le début de la navigation à vapeur, cherché des formules reliant la force motrice à la vitesse obtenue sur un navire de formes et de dimensions données. Le nombre et la complexité des facteurs qui interviennent, l'incertitude de beaucoup de données numériques ont amené assez vite les spécialistes à renoncer aux formules *théoriques* et à se contenter de formules *empiriques*.

Parmi celles-ci, il en est une, dite *formule de la marine française*, dont Dupuy de Lôme a fait usage et qui est encore usitée couramment aujourd'hui; c'est la suivante :

$$V = M\sqrt[3]{\frac{F}{B^2}}, \tag{1}$$

V étant la vitesse du navire en *nœuds*, F la force de la machine en *chevaux* indiqués, B^2 la surface immergée du maître-couple en *mètres carrés* et M un *coefficient*, variable d'un navire à l'autre, mais dont la valeur numérique, au moins pour les types de navires courants, est généralement comprise entre 3 et 4.

Ce *coefficient d'utilisation* qualifie la valeur du navire : les plus petites différences de valeur dans le coefficient sont importantes, car, pour obtenir une vitesse donnée, la formule (1) montre que la force nécessaire F varie en raison inverse du *cube* du coeffi-

(1) Présentée dans la séance du 4 janvier 1909.

cient : certains navires de commerce ont des coefficients voisins de 3; les grands paquebots (*Provence, Mauretania,* etc.) des valeurs très voisines de 4, et M. l'ingénieur Bertin a même réalisé des navires rapides dont le coefficient dépassait légèrement la valeur 4.

J'ai pensé qu'il serait possible d'appliquer cette formule à l'appréciation de la valeur *pratique* des ballons dirigeables. Cette formule étant empirique, il fallait attendre qu'un nombre suffisant d'aéronats fût construit pour avoir les données nécessaires. Actuellement, il est possible de faire cette application, et les calculs que j'ai faits portent sur *dix* dirigeables expérimentés : dans ces conditions il s'agit bien d'une première formule *empirique,* qu'il sera possible de vérifier plus tard.

La formule, dans le cas des aéronats, sera la suivante :

$$V = C\sqrt[3]{\frac{F}{S}}, \qquad (2)$$

V étant la vitesse *en myriamètres à l'heure,* F la force en *chevaux-vapeur,* S la surface de la section maxima du ballon en *mètres carrés* et C le coefficient d'utilisation de chaque dirigeable. Voici les résultats de l'application de la formule, d'après les données respectives qu'il m'a été possible de réunir sur chacun des dix dirigeables étudiés :

Noms des dirigeables (¹).	Section.	Rapport de la longueur à la largeur.	Force.	Vitesse.	Valeur du coefficient C.
Giffard (F.)........	113	3,66	3	0,90	3,20
Dupuy-de-Lôme (F.).	173	2,45	3	0,80	3,08
Tissandier (F.).....	66	3,00	1,5	1,08	3,80
La France [Renard et Krebs] (P.).....	55,4	6,00	9	2,33	4,24
Santos-Dumont (F.).	27,9	5,50	16	2,70	3,26
Lebaudy (P.).......	84	5,6	40	3,96	4,90
Clément-Bayard (P.).	90	5,00	100	4,50	4,31
Zeppelin (Cyl.)......	106	11,00	170	4,00	3,47
Parseval II (P.).....	68	5,00 (?)	100	4,20	4,04
Militaire italien (P.).	90	5,00 (?)	70	4,50	4,90

On pourra appliquer la formule (2) aux ballons dirigeables; le *coefficient* C est un véritable *coefficient d'utilisation,* dont la valeur, toujours comprise entre 3 et 5, *permet de classer un ballon au point de vue de sa*

(¹) (F.) = fusiforme; (P.) = pisciforme; (Cyl.) = cylindrique.

valeur effective. L'introduction du coefficient C dans l'étude des dirigeables donne donc le moyen de dresser, de ceux-ci, une véritable *échelle de classement*, comme le faisait, pour les navires, le coefficient M. La formule traduit également ce résultat de l'expérience que la force motrice croît comme le cube de la vitesse, pour un même véhicule.

On peut remarquer même que, sauf pour les trois ballons fusiformes de Giffard, de Dupuy de Lôme et de Santos-Dumont, le coefficient C est toujours compris entre 3,5 et 5. Or, la forme de fuseau symétrique est, aujourd'hui, justement abandonnée. Les coefficients d'utilisation compris entre 3,5 et 5 sont ceux des ballons pisciformes, réalisés pour la première fois par le regretté colonel Renard.

Remarquons, à ce propos, que le coefficient de la *France*, construite par Renard il y a 23 ans, en 1886, atteint la valeur très grande de 4,24; cela montre la sûreté des prévisions du savant colonel et la précision de ses calculs. Inversement, la faible valeur du coefficient du *Zeppelin*, 3,47, est à signaler; ce ballon présente la forme d'un cylindre symétrique, et son auteur n'a pas voulu lui donner la forme de poisson dont Renard avait démontré la nécessité. Quant aux dirigeables ayant le meilleur coefficient d'utilisation, ce sont la *République* et le dirigeable militaire italien, pour lesquels la valeur de C atteint 4,9.

PHYSIQUE. — *Sur le rayonnement de l'oxyde de cérium.* Note de M. **Foix**, présentée par M. E. Bouty.

En cherchant à expliquer le rôle que joue l'oxyde de cérium à l'état de traces, dans le manchon Auer, nous avons été conduit théoriquement à la relation suivante [1]

$$E = 1 - \frac{2\beta + \delta(e^{\beta l} - e^{-\beta l})}{(\alpha + \beta + \delta)e^{\beta l} - (\alpha - \beta + \delta)e^{-\beta l}} \tag{1}$$

qui donne, pour une radiation définie, le pouvoir émissif, E, d'une lame diffusante d'épaisseur l, formée d'un corps amorphe très divisé. α et δ sont les paramètres d'absorption et de réflexion diffuse, c'est-à-dire les pouvoirs absorbant et réflecteur diffus, rapportés à l'unité d'épaisseur, d'une lame

(1) *Comptes rendus*, t. CXLV, août 1907, p. 461, et *Journal de Physique*, 4e série, t. VII, février 1908, p. 135.

infiniment mince recevant, sous toutes les incidences possibles et avec la même intensité, un rayonnement uniformément diffus. Enfin on a

$$\beta = \sqrt{\alpha(\alpha + 2\delta)}.$$

La discussion de la formule (1) et son application aux résultats de l'étude expérimentale de M. Rubens ([1]), relative au rayonnement des manchons à incandescence assimilés à des lames, nous a permis de déduire les propriétés émissives remarquables du mélange Auer ($8\,CeO^2$ pour $992\,ThO^2$) de celles de ses constituants.

Nous nous sommes proposé d'obtenir une vérification plus directe de notre formule.

Pour cela, nous avons préparé une série de lames d'oxyde de cérium amorphe répondant, au moins grossièrement, à la définition posée et telles que la quantité d'oxyde par centimètre carré, ou densité superficielle D, varie de 12^{mg} à $0^{mg},39$.

Ces lames rectangulaires, soutenues par leurs bords verticaux au moyen de pinces appropriées, sont portées à l'incandescence dans la flamme d'un brûleur de Bunsen. En déplaçant ce dernier légèrement, on peut faire varier à volonté la température d'une petite région choisie de la lame.

Voici comment nous sommes arrivé à mesurer, spectrophotométriquement et à une même température, les pouvoirs émissifs de ces lames relatifs à la radiation rouge de longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},7$:

La discussion, rappelée plus haut, des résultats de M. Rubens nous apprenait que, pour les densités de nos lames, les pouvoirs émissifs bleus doivent être à peu près égaux à leur valeur maximum limite

$$E_m = \frac{\alpha + \beta}{\alpha + \beta + \delta}, \tag{2}$$

correspondant dans la relation (1) à une épaisseur infinie. Dans le cas des radiations rouges ($\lambda = 0^{\mu},7$), au contraire, la valeur limite du pouvoir émissif n'est pratiquement atteinte qu'avec des lames ayant 3^{mg} au moins par centimètre carré. Pour ce rouge nous admettrons le nombre de M. Rubens, soit

$$E_m = 0,93$$

vers 1350°, température maximum obtenue avec un brûleur dans ce cas limite.

Ceci posé, le rapport $\frac{E}{E_m}$, du pouvoir émissif rouge d'une lame quelconque à celui d'une lame de 5^{mg} par centimètre carré, qui sera notre source de comparaison, est égal au rapport des éclats intrinsèques rouges de deux régions de ces lames, choisies de telle sorte que, les éclats intrinsèques bleus étant égaux, les températures soient égales.

([1]) *Journal de Physique*, 4e série, t. V, 1906, p. 306 et suiv.

Ces éclats sont comparés à l'aide d'un spectrophotomètre d'Arsonval.

Si maintenant l'éclat de la lame type est maximum (1350°), le pouvoir émissif cherché est

$$0,93 \times \frac{E}{E_m}.$$

Pour vérifier la relation (1) il faut comparer les pouvoirs émissifs ainsi mesurés aux valeurs calculées au moyen de cette formule. Voici comment nous procédons :

De la relation (2), dans laquelle $E_m = 0,93$, nous tirons d'abord

$$\frac{\alpha}{\delta} = 6,17.$$

Il n'y a plus dès lors qu'à évaluer l'exposant βl.

Remarquons que, par définition, α, δ et par suite β sont proportionnels à la densité cubique d, de la matière radiante, variable, comme l, d'une lame à l'autre. Par conséquent βl est proportionnel au produit ld, c'est-à-dire à la densité superficielle. Pour avoir βl dans tous les cas, il suffit donc de le déterminer pour une lame particulière, en écrivant que son pouvoir émissif satisfait à l'équation (1).

Voici nos résultats :

D en mg : cm².	E (rouge $\lambda = 0^{\mu},7$). Calculé.	Trouvé.
0,39	0,37	0,34
0,59	0,49	0,51
0,76	0,58	0,60
1,09	0,70	0,72
1,95	0,88	0,91

La vérification est satisfaisante.

ACOUSTIQUE. — *Sur un pupitre traducteur applicable aux phonographes.* Note de M. DE PEZZER, présentée par M. J. Carpentier.

Un défaut commun à beaucoup de chanteurs consiste en une mauvaise prononciation. Ce défaut, le phonographe, si perfectionné qu'il soit devenu, l'exagère forcément, et il arrive souvent qu'une première audition d'intéressants phonogrammes est gâtée par l'inintelligibilité du sens des paroles qu'ils comportent.

Pour remédier à cet inconvénient, j'ai imaginé un appareil adaptable à un phonographe quelconque et qui, porteur d'une bande où se trouve inscrit le texte accompagnant la musique, amène continuellement sous les yeux

de l'auditeur la traduction de chaque syllabe énoncée, au moment même de son émission par le phonographe.

Cet appareil se présente sous la forme d'un pupitre, qui se fixe sur l'une des faces de la caisse du phonographe et qui est muni d'un couloir destiné à la circulation de la bande. Celle-ci, perforée sur ses deux rives, et enroulée sur une bobine, se place sur un support spécial à la droite du pupitre. Pour engager cette bande, il faut insinuer son extrémité libre dans le couloir, la mettre aux prises avec un rouleau à double denture et l'atteler enfin à une seconde bobine sur laquelle elle viendra s'emmagasiner automatiquement pendant la marche du phonographe. Le rouleau denté, cela va sans dire, est relié par des engrenages au rouage du phonographe; mais, grâce à un dispositif approprié, il peut être à volonté embrayé ou débrayé.

Ceci dit, la bande étant supposée confectionnée comme il convient et placée avant la mise en route de telle sorte que son origine corresponde à un repère porté par le pupitre, il suffit, pour l'utiliser, d'embrayer le rouleau d'entraînement au moment où se fait entendre la première note du morceau.

Le point capital pour l'application du système est la confection correcte des bandes traductrices. Cette confection repose sur l'établissement d'un premier tracé graphique fondamental qu'on obtient au moyen de l'appareil lui-même, employé comme chronographe. Pour cette opération, le pupitre étant garni d'une bande de papier blanc, est complété par un enregistreur électrique, dont le traçoir (constitué d'une mine de plomb) frotte sur la bande pendant son défilement; un manipulateur, genre Morse, permet d'actionner cet enregistreur. Un disque étant placé sur le phonographe et mis en rotation, une personne, un peu exercée, écoute le morceau de musique exécuté et, en frappant sur le manipulateur, scande les notes de ce morceau. Cette manœuvre détermine sur la bande le tracé d'une succession de crochets dont l'ensemble représente évidemment l'ossature rythmique du morceau, chaque crochet correspondant au commencement d'une note et l'intervalle entre ce crochet et le suivant à la durée même de cette note.

Ce graphique étant obtenu, il peut être complété en écrivant sur la bande, en face de chaque crochet, la syllabe correspondant au son repéré, et il fournit ainsi la traduction dont nous avons indiqué plus haut l'emploi. Mais, à l'inscription des paroles, peut être substituée l'inscription, sur une portée préalablement tracée sur la bande, des notes représentatives des sons eux-mêmes.

On peut également juxtaposer ces deux inscriptions.

La première bande, composée à la main, devient un modèle ou cliché, dont la reproduction typographique est facile et n'est assujettie qu'à une obligation : celle de respecter rigoureusement les divisions chronographiques de l'original.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les solutions aqueuses de pyridine.* Note (1) de M. E. **Baud**, présentée par M. A. Haller.

On a déjà signalé l'existence de combinaisons de la pyridine avec l'eau (2).

M. Gouy (3) notamment, en 1906, détermina les maxima électrocapillaires pour divers mélanges d'eau et de pyridine et construisit la courbe. Celle-ci présente une inflexion vers 2 ou $3H^2O$.

Je me suis proposé d'étudier les solutions aqueuses de pyridine, par les principales méthodes de la Chimie physique.

Températures de congélation. — Les résultats obtenus sont les suivants :

Pyridine pour 100 en poids.	Température de congélation.	Pyridine pour 100 en poids.	Température de congélation.
5,2	—1°	72,5	—33°
11,2	—2,1	75,5	—38
16,0	—2,75	77,5	—42
20,0	—3,15	79,0	—48
24,0	—3,5	82,0	—64
30,4	—4	83,0	—68
44,5	—6	85,7	—62,5
50,0	—6,5	89,5	—54,5
54,0	—8	93,0	—49,5
60,4	—16	97,0	—42
65,4	—23	100,0	—39
69,2	—30		

La courbe représentant ces résultats se compose de quatre parties sensi-

(1) Présentée dans la séance du 4 janvier 1909.

(2) MM. Goldschmidt et Constam, en distillant les huiles basiques du goudron de houille, ont obtenu un produit bouillant de 92° à 93° de formule $C^5H^5Az,3H^2O$ et concluent à l'existence de cet hydrate.

Mais on sait que la distillation à température fixe n'est pas une preuve de l'existence d'un composé défini (*D. chem. Gesellschaft,* t. XVI, 1883, p. 2976).

(3) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. IX, 1906, p. 75.

blement rectilignes. La première, de 0 à 55 pour 100 de pyridine, correspond à la cristallisation de l'eau; la deuxième, de 55 à 77 pour 100, correspond à un hydrate; la troisième, de 77 à 83 pour 100, correspond à un autre hydrate et enfin la dernière partie est relative à la cristallisation de la pyridine pure.

Pour le mélange à 83 pour 100 de pyridine

$$(C^5H^5Az + 0{,}9H^2O),$$

la température passe par un minimum. Il s'agit donc d'un mélange *eutectique*.

Les courbes de cristallisation des hydrates se trouvant coupées avant le maximum, on ne peut en déduire la composition desdits hydrates. Elles nous indiquent seulement que l'un est à plus de $3{,}6H^2O$ et l'autre à plus de $1{,}3H^2O$ pour 1^{mol} de pyridine.

Contractions de volume. — J'ai mesuré les densités des mélanges et j'ai calculé les contractions produites. La courbe, obtenue en portant en abscisses les proportions de pyridine en poids, et en ordonnées les contractions, présente un maximum sans point anguleux, vers la composition

$$C^5H^5Az + 2H^2O.$$

Indices de réfraction. — J'ai mesuré les indices de réfraction entre 16° et 17°, au moyen du réfractomètre de précision de Féry et j'ai calculé la variation d'indice (¹). Celle-ci passe par un maximum pour une composition voisine de $C^5H^5Az + 2H^2O$.

Mesures thermiques. — J'ai d'abord déterminé la chaleur de dissolution de la pyridine pure dans un grand excès d'eau (environ $200H^2O$). Cette quantité diminue quand la température s'élève.

Elle est donnée par l'équation

$$Q = 2^{Cal},800 - 0{,}044 \times (t - 12^\circ{,}5).$$

J'ai ensuite déterminé la quantité de chaleur dégagée lorsqu'on dissout, dans un grand excès d'eau, les divers mélanges d'eau et de pyridine.

(¹) C. Chéneveau, *Thèse* de la Faculté des Sciences de Paris, mai 1907.

Ces données m'ont permis de calculer la chaleur produite dans la formation desdits mélanges. On peut faire ces calculs de deux façons.

Si l'on rapporte les résultats à la fixation de quantités croissantes d'eau sur 1^{mol} de pyridine, on obtient une courbe qui ne présente pas de points anguleux, mais sur laquelle on observe cependant un changement de direction vers $2H^2O$ et un autre vers $6H^2O$.

On peut aussi calculer les quantités de chaleur pour un même volume du mélange, 100^{cm^3} par exemple. On observe, dans ce cas, un maximum pour $2H^2O$.

Conclusion. — Les solutions aqueuses de pyridine renferment, au moins, deux hydrates : l'un à 2^{mol} d'eau, l'autre à environ $6H^2O$, pour 1^{mol} de pyridine.

A la température ordinaire, ces hydrates sont dissociés dans leur solution, comme l'indiquent la forme arrondie des courbes thermiques et la variation notable de la chaleur de dissolution de la pyridine pure en sens inverse de la température.

L'hydrate le plus riche en eau, qui est évidemment le moins stable, doit être le plus dissocié, et cela explique que son influence se fasse peu sentir sur la plupart des déterminations précédentes.

Il existe une concordance frappante entre la courbe des contractions de volume et celle des chaleurs de formation rapportées à 100^{cm^3} du mélange. Or, les chaleurs de formation mesurent la quantité d'hydrate existant dans un volume constant.

La contraction paraît donc étroitement liée à la combinaison des deux liquides [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide campholique gauche.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. A. Haller.

La rareté du camphre gauche et la faiblesse de rendement des diverses méthodes de transformation du camphre en acide campholique ont empêché jusqu'ici de préparer l'acide campholique gauche. La méthode de prépa-

(1) Un Mémoire plus détaillé sera publié ailleurs.

ration que j'ai décrite antérieurement ([1]) pour l'acide droit me permet aujourd'hui de combler cette lacune.

On obtient, en effet, l'acide campholique gauche avec un rendement voisin de 75 pour 100 en chauffant en tubes scellés le bornéol gauche avec la potasse caustique récemment déshydratée par fusion. La réaction génératrice est la suivante :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CH^2 \\ | \\ CHOH\end{matrix}\right. + KOH = C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CH^3 \\ CO^2K\end{matrix}\right. + H^2.$$

Le bornéol gauche, qui a servi à mes expériences, m'avait été fourni sans indication d'origine; je l'ai tout d'abord identifié par la méthode de M. Haller ([2]) avec l'α-camphol gauche.

Après purification, ce bornéol avait, en effet, le même pouvoir rotatoire $\alpha_D = -37^\circ,3$, que l'observation fût faite sur sa solution dans l'alcool absolu ou sur sa solution dans le toluène. Ce bornéol fondait d'ailleurs en tube ouvert à 209°-210° et son oxydation à froid par l'acide azotique a fourni un camphre fusible à 177°-178° de pouvoir rotatoire $\alpha_D = -42^\circ,1$.

L'acide campholique gauche, qui résulte de l'oxydation de ce bornéol par la potasse caustique, possède des propriétés qui en font l'inverse optique de l'acide campholique dérivé du camphre ordinaire.

Il se présente en cristaux incolores, fusibles à 106°-107°; son pouvoir rotatoire à 15° est $\alpha_D = -49^\circ,1$ (1^{mol} dissoute dans 1^l d'alcool à 95°).

Ses propriétés chimiques sont semblables à celles de son isomère droit ([3]). Comme lui, il est précipité par l'acide carbonique de ses dissolutions alcalines. Son sel ammoniacal se dissocie avec la plus grande facilité et, lorsqu'on évapore à la température ordinaire la dissolution aqueuse de ce sel, l'ammoniaque se volatilise et l'acide campholique se précipite. Les alcools ne l'éthérifient pas directement quelles que soient la température et la durée de l'expérience. On n'obtient pas non plus l'éthérification en saturant de gaz chlorhydrique sa dissolution dans les alcools. Pour obtenir les éthers, il est nécessaire de faire agir sur les alcools soit son anhydride, soit

---

([1]) GUERBET, *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 70.

([2]) HALLER, *Ibid.*, t. CIX, p. 187.

([3]) GUERBET, *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XIV, 1895, p. 289.

son chlorure d'acide. D'ailleurs, une fois formés, les éthers de l'acide campholique gauche, comme ceux de l'acide droit, ne sont pas saponifiés par ébullition avec les solutions aqueuses ou alcooliques de potasse. Il faut, pour les décomposer, les chauffer en tubes scellés à 150° avec la potasse alcoolique ou mieux faire agir sur eux à 100° un courant de gaz chlorhydrique ou iodhydrique.

Le sel de sodium de l'acide campholique gauche

$$C^{10}H^{17}NaO^2 + 8H^2O$$

se présente en lamelles d'aspect nacré, efflorescentes, très solubles dans l'eau.

Son sel de cuivre, cristallisé dans l'éther, forme de gros cristaux prismatiques de couleur verte contenant 1^{mol} d'éther de cristallisation

$$(C^{10}H^{17}O^2)^2Cu + C^4H^{10}O.$$

Son éther éthylique $C^{10}H^{17}O^2.C^2H^5$, obtenu en faisant réagir sur l'alcool absolu le chlorure de campholyle, est un liquide incolore, d'une odeur forte et comme poivrée, de consistance huileuse. Il bout à 228° (corr.) sous 765^{mm} de pression. Les alcalis ne le saponifient pas dans les conditions ordinaires; mais il est facilement dédoublé à chaud par l'acide iodhydrique.

L'anhydride de l'acide campholique gauche $(C^{10}H^{17}O)^2O$, préparé en déshydratant par l'anhydride acétique l'acide correspondant, cristallise dans l'acétone, en tablettes carrées incolores fusibles à 57°-58°, très solubles dans l'éther, la benzine, le chloroforme, complètement insolubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool froid, plus solubles à chaud. Dissous à froid dans l'alcool, il se dépose inaltéré par évaporation spontanée du dissolvant; mais si on le fait bouillir avec l'alcool absolu, il se transforme très lentement en campholate d'éthyle. La potasse aqueuse le dédouble peu à peu à l'ébullition avec formation de campholate de potasse. Avec la potasse alcoolique bouillante la réaction est plus rapide; mais il se produit simultanément un peu de campholate d'éthyle.

Le chlorure de l'acide campholique gauche $C^{10}H^{17}ClO$, obtenu en traitant par un petit excès de perchlorure de phosphore l'acide correspondant, est un liquide incolore, bouillant à 222° comme son isomère droit. Chauffé avec une trace d'anhydride phosphorique, il se décompose en acide chlorhydrique, oxyde de carbone et campholène inactif C^9H^{16}.

L'amide de l'acide campholique gauche a été préparé en faisant réagir, en présence d'éther lavé, le chlorure de camphoryle sur l'ammoniaque aqueuse. L'ammoniaque

dissout l'acide chlorhydrique et le peu d'acide campholique formé, et il suffit d'évaporer l'éther pour avoir l'amide, qu'on purifie par cristallisation dans l'alcool à 60° et décoloration au noir animal. L'amide cristallise dans ce dissolvant en aiguilles incolores fusibles à 77°-78°.

Il est peu soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et l'éther. Comme son isomère droit, il est très difficilement hydrolysable par les alcalis ; les acides l'hydrolysent au contraire avec facilité.

En résumé l'acide campholique gauche et ses dérivés, provenant de l'oxydation de l'α-camphol gauche, présentent des propriétés physiques et chimiques semblables à celles des composés correspondants issus du camphre ou de l'α-camphol droits : ils en sont les inverses optiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réduction alcaline de l'ortho-nitrodiphénylméthane.* Note de MM. **P. Carré**, présentée par M. A. Haller.

La réduction de l'ortho-nitrodiphénylméthane par la soude alcoolique et la poudre de zinc fournit une assez faible proportion (15 à 20 pour 100) de l'ortho-hydrazodiphénylméthane attendu. Le produit principal de la réaction est constitué par l'ortho-aminodiphénylméthane. Cet exemple montre une fois de plus l'influence du voisinage d'un groupement ortho-substitué sur la marche de la réduction alcaline des dérivés nitrés.

L'*ortho-nitrodiphénylméthane* $C^6H^4(CH^2 - C^6H^5)_1(NO^2)_2$ se prépare, suivant Geigy et Königs [1], par condensation du chlorure de benzyle ortho-nitré avec le benzène en présence du chlorure d'aluminium, et entraînement au moyen de la vapeur d'eau surchauffée à 160°-170°. La substance ainsi obtenue n'est pas pure. Il est préférable de rectifier le produit brut de la réaction par distillation dans le vide. L'ortho-nitrodiphénylméthane pur se présente sous la forme d'un liquide légèrement jaunâtre, peu odorant, qui distille à 183°-184° sous 10^{mm}. Sa réduction alcaline se fait de la façon suivante :

50^g d'ortho-nitrodiphénylméthane sont dissous dans 1000^{cm^3} d'alcool à 95°, additionnés de 50^g de lessive de soude. On porte à l'ébullition et l'on ajoute, par petites portions, 90^g à 100^g de poudre de zinc. On filtre bouillant. Par refroidissement, l'ortho-hydrazodiphénylméthane se dépose; on le purifie par de nouvelles cristallisations dans l'alcool. La liqueur, séparée de l'ortho-hydrazodiphénylméthane, est distillée pour éli-

(1) *D. chem. Ges.*, t. XVIII, p. 2402.

miner la majeure partie de l'alcool, puis additionnée d'eau; l'huile qui se sépare (entièrement soluble dans l'acide chlorhydrique), lavée, séchée et purifiée par distillation dans le vide est constituée par l'ortho-aminodiphénylméthane.

L'*ortho-hydrazodiphénylméthane* $[C^6H^4(CH^2-C^6H^5)_1NH_2-]^2$ cristallise en lamelles blanches, fusibles à 148°-149°, presque insolubles dans l'alcool froid, peu solubles dans l'alcool chaud et dans les solvants usuels, sauf la pyridine. Oxydé par l'oxyde de mercure, il fournit l'*ortho-azodiphénylméthane* $[C^6H^4(CH^2-C^6H^5)_1N_2=]^2$, qui existe sous deux modifications; la *modification* α cristallise dans l'acide acétique en aiguilles rouges fusibles à 116°-117°, en se transformant dans la *modification* β, fusible à 124°-125°. Par cristallisation de cette dernière dans l'acide acétique, on régénère la modification α; par cristallisation dans l'alcool de l'une ou l'autre modification, on obtient un mélange d'aiguilles fusibles à 116°-117° et de lamelles fusibles à 124°-125°. L'ortho-azodiphénylméthane est plus soluble dans l'alcool que l'ortho-hydrazodiphénylméthane; il est très peu soluble dans le benzène et dans l'éther.

L'ortho-hydrazodiphénylméthane, traité par les acides dilués, subit la transposition benzidinique pour donner le *dibenzyl-2-2'-diamino-4-4'-diphényle* $[-C^6H^3(CH^2-C^6H^5)_2(NH^2)_4]^2$, qui cristallise dans l'alcool en longues aiguilles blanches fusibles à 136°, assez solubles dans l'alcool et dans l'acétone. Son *sulfate* $C^{24}H^{24}N^2, SO^4H^2$ cristallise dans l'acide sulfurique à 5 pour 100 en longues aiguilles blanches, fusibles vers 255° en se décomposant; il est totalement insoluble dans l'eau froide, extrêmement peu soluble dans l'eau sulfurique (à 5 pour 100) bouillante qui en dissout environ 1^dg par litre; il est dissocié par l'eau, très lentement à froid, rapidement à l'ébullition. Le *chlorhydrate* $C^{24}H^{24}N^2, 2HCl + H^2O$ cristallise dans l'acide chlorhydrique à 5 pour 100 en aiguilles blanches fusibles à 214° en se décomposant, presque insolubles dans l'eau froide, peu solubles dans l'eau chlorhydrique bouillante, assez solubles dans l'alcool chlorhydrique; il est également dissocié par l'eau.

L'*ortho-aminodiphénylméthane* $C^6H^4(CH^2C^6H^5)_1(NH^2)_2$, déjà préparé par O. Fischer et Schutte [1], en réduisant l'ortho-nitrodiphénylméthane par l'étain et l'acide chlorhydrique, n'a pu être obtenu cristallisé par ces auteurs. J'ai réussi à l'obtenir cristallisé en le purifiant par distillation dans le vide. Après cristallisation dans l'éther, il forme de gros prismes, légère-

---

(1) *D. chem. Ges.*, t. XXVI, p. 3086.

ment jaunâtres, fusibles à 52°, très solubles dans l'alcool et dans l'éther; il distille à 190°-191° sous 22mm, à 172°-173° sous 12mm. Son *chlorhydrate* $C^{13}H^{13}N, HCl$ cristallise dans l'acide chlorhydrique à 2 ou 3 pour 100 en belles aiguilles blanches fusibles à 137° en se décomposant; il est dissocié par ébullition avec l'eau. L'ortho-aminodiphénylméthane, chauffé avec l'isosulfocyanate de phényle, fournit la *phényl-1-orthodiphénylméthane-2-thiourée* $C^6H^5 - NH - CS - NH_2 - C^6H^4(CH^2 - C^6H^5)_1$, poudre cristalline blanche, fusible à 138°, très soluble dans l'alcool, peu soluble dans l'éther.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de l'aération sur la formation des produits volatils dans la fermentation alcoolique.* Note de MM. **E. Kayser** et **A. Demolon**, présentée par M. A. Müntz.

En étudiant les produits volatils obtenus dans la fermentation alcoolique avec levures pures, nous avons déjà signalé (¹) l'importance des phénomènes d'oxydation et le rôle de la levure vivante dans le vieillissement sur lies au large contact de l'air. M. Trillat, employant la méthode analytique (²), nous a fait connaître les diverses causes qui peuvent provoquer la formation d'aldéhyde acétique et les réactions auxquelles elle peut donner lieu dans les vins et eaux-de-vie. Nous avons opéré dans des conditions différentes et nous avons étudié globalement et parallèlement les modifications dues à l'aération plus ou moins ménagée dans un liquide fermenté artificiel (eau de touraillons à 15,76 pour 100 de sucre).

Pour en mieux saisir le mécanisme, nous avons comparé une levure de champagne n° 3 à une levure à caractère nettement aérobie, la levure d'ananas n° 221, étudiée déjà par l'un de nous (³).

Nous nous sommes placés dans des conditions opposées en opérant : 1° dans des ballons à long col presque complètement remplis et par conséquent en contact réduit de l'air (ballons 1, 3, 1*bis*, 3*bis*); 2° dans des matras plats remplis aux $\frac{2}{3}$ et en large surface (ballons 2, 4, 2*bis*, 4*bis*, 5*bis*). Les ballons 1, 2, 3 et 4 furent analysés au bout de 1 mois, les autres furent abandonnés 6 mois au laboratoire; 5*bis* identique à 4*bis* a

---

(¹) *Comptes rendus,* juillet 1907.

(²) *Comptes rendus*, mai 1908, et *Annales de l'Institut Pasteur,* septembre, octobre, novembre 1908.

(³) *Annales de l'Institut Pasteur,* 1891.

été additionné de bichlorure de mercure pour y tuer la levure, lors de l'analyse de la première série :

		Sucre disparu pour 100.	Poids de levure pour 100.	Acides volatils pour 100.	Éthers		Aldéhydes pour 100 d'alcool à 100°.	Alcools supérieurs pour 100 d'alcool à 100°.	Titre alcoolique. du distillat à 15°.
					pour 100 d'alcool à 100°.	pour 100 du liquide fermenté.			
		g	mg	g	g	g	g		o
Levure d'ananas	Ballon 1	6,56	96,7	0,398	2,067	0,0449	0,0104	traces	6,3
	Matras 2	11,24	425,5	1,800	10,796	0,2316	0,0330	»	1,0
Levure de vin	Ballon 3	15,23	115,2	0,0938	0,150	0,0092	0,005	29^{mg}	25,6
	Matras 4	15,76	118,2	0,0429	0,061	0,0045	1,511	69,5	35,4
Levure d'ananas	Ballon 1 *bis*	12,42	294,7	0,190	36,9	0,2832	traces	traces	3,5
	Matras 2 *bis*	15,76	954,4	0,030	∞	0,0082	»	néant	néant
Levure de vin	Ballon 3 *bis*	15,76	91,7	< 0,060	0,1619	0,0126	0,3514	33	25
	Matras 4 *bis*	15,76	249,0	< 0,060	0,1480	0,0092	0,7722	45	25,0
	Matras 5 *bis* ($HgCl^2$)	15,76	156,2	< 0,060	0,2112	0,0180	0,6273	38	30,0

En comparant dans la première série le ballon à long col au matras, on constate nettement l'influence de l'aération sur l'aldéhydification, surtout avec la levure 3 ; en contact restreint d'air, la levure d'ananas oxyde plus activement. On voit que, dans la deuxième série, la proportion d'aldéhyde non seulement n'a pas augmenté, mais a même complètement disparu avec la levure d'ananas. Si dans les vins l'aldéhyde augmente avec le vieillissement, ceci tient à la formation de combinaisons plus ou moins fixes, notamment avec la matière colorante (Trillat), elle peut ainsi s'accumuler et échapper à une oxydation ultérieure. Cette hypothèse explique que l'acide sulfureux peut favoriser l'aldéhydification (Mathieu), et comment l'aération d'un vin peut donner plus d'aldéhyde que celle d'une solution aqueuse d'alcool (Trillat).

Dans notre milieu artificiel, l'aldéhyde apparaît comme un terme transitoire de l'oxydation de l'alcool, elle augmente en présence de peu d'air avec la levure de vin, ailleurs elle diminue sensiblement et disparaît même complètement avec la levure d'ananas dans les deux cas. Elle donne de l'acide acétique et une proportion très élevée, surtout en matras, avec la levure d'ananas, dont on ne peut s'expliquer l'origine que par ce mécanisme. Nous comprenons ainsi que les proportions d'aldéhyde soient très faibles avec cette levure, malgré son caractère très aérobie, et la faible quantité d'alcool eu égard au sucre disparu.

L'acide acétique évolue, disparaît à son tour et, dans certains cas, complètement, sans

qu'on puisse le retrouver à l'état d'éthers, comme l'a démontré l'un de nous [1] : c'est lui qui constitue probablement la source de carbone permettant à la levure de doubler de poids, alors qu'il ne reste plus de sucre. Une partie s'éthérifie, mais il importe de tenir compte du caractère azoté de la levure et du contact plus ou moins facile d'air. En présence de beaucoup d'air, l'acide acétique échappe à l'éthérification, la combustion est favorisée; avec l'air limité on a plus d'éthers. L'addition de $HgCl^2$, protégeant alcool et acides contre leur combustion, favorise l'éthérification et ainsi l'on comprend qu'au maximum d'aldéhydes correspond un minimum d'éthers, fait que nous avons signalé les premiers [2], et l'on comprend aussi qu'il est possible d'obtenir des diminutions suivies d'augmentations d'aldéhydes.

Pour les alcools supérieurs nos deux levures se comportent très différemment, leur production est plus grande en large surface. Les conditions d'aération jouent donc un rôle essentiel dans la formation des produits volatils et des bouquets des liquides fermentés.

ANATOMIE. — *Sur l'anatomie du thymus humain.* Note de MM. **Henri Rieffel** et **Jacques Le Mée**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans cette Note nous avons l'honneur de rectifier ou de compléter, d'après le résultat de 34 dissections sur des fœtus et des enfants de 1 à 13 ans, quelques points de l'anatomie du thymus humain.

1. Les deux lobes thymiques ne sont pas, comme on le dit souvent, réunis par un isthme ou fusionnés par leur face correspondante; ils sont toujours, au moins chez le nouveau-né, aisément séparables et disposés de telle sorte que le lobe gauche, plus superficiel, recouvre le lobe droit.

2. La face postérieure du thymus cervical s'insinue assez souvent du côté gauche (11 fois sur 34) dans l'espace trachéo-carotidien, pour se mettre en contact avec le nerf récurrent et l'œsophage.

3. Il n'est pas exact de dire, avec M. Testut, que le contact du thymus et du corps thyroïde soit tout à fait exceptionnel; il est assez commun, comme l'avaient déjà indiqué Luschka et Kolliker. Nous l'avons observé dans $\frac{1}{5}$ des cas, se faisant soit directement par la corne supérieure, soit par l'intermédiaire de tractus conjonctifs et de lobules glandulaires.

4. Les deux lobes du thymus ne descendent pas, en général, au même

(1) *Nutrition intracellulaire de la levure* (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1900).

(2) *Comptes rendus*, juillet 1907.

niveau dans la cavité thoracique ; tandis que le lobe droit répond le plus souvent au troisième espace intercostal, le lobe gauche atteint la cinquième côte et, 8 fois sur 34, nous l'avons vu se prolonger jusqu'au diaphragme par une languette, qui n'est pas purement capsulaire, comme le veut Piédecoq, mais renferme aussi des éléments glandulaires.

5. Sans vouloir discuter ici les théories émises pour expliquer la mort subite du nourrisson et de l'enfant, nous désirons particulièrement attirer l'attention sur les rapports que certains nerfs contractent avec le thymus. En dehors du récurrent gauche et des deux pneumogastriques, il y a lieu de mentionner :

a. Le nerf cardiaque inférieur droit, qui, croisant la face antérieure de la crosse aortique, est appliqué directement contre la face postérieure de la glande et joue sans doute un rôle dans les syncopes cardiaques d'origine thymique.

b. Les nerfs phréniques. — D'après l'opinion classique, le phrénique droit est appliqué sur le bord latéral du thymus, tandis que le gauche est plus en arrière ; autrement dit, la glande serait surtout en rapport avec le tronc nerveux du côté droit. Nos dissections infirment cette manière de voir. Le phrénique droit longe, en effet, la face externe du tronc veineux innominé, puis de la veine cave supérieure, mais sur un plan plutôt postérieur ; il est, pour ainsi dire, en retrait par rapport au thymus, décrivant une légère courbe à convexité antérieure. Le phrénique gauche tend, au contraire, à se porter en avant, poussé (1) vers la crosse aortique par l'artère sous-clavière ; à ce moment il rencontre le thymus, mais, au lieu de rester sur sa face postérieure comme à droite, il s'accole à sa face latérale gauche près de la face postérieure, laissant parfois son empreinte sous forme d'un sillon plus ou moins marqué. Ces données anatomiques ont été confirmées par deux autopsies que nous avons pratiquées à l'hôpital Trousseau sur des nourrissons morts subitement, et chez lesquels l'hypertrophie du thymus avait, pour ainsi dire, exagéré les rapports normaux que nous avaient signalés nos dissections.

6. Enfin, nous croyons devoir dire que, d'après nos recherches, l'artère thyroïdienne de Neubauer nous paraît être l'artère thymique supérieure principale, car elle ne fournit normalement que des rameaux insignifiants au corps thyroïde, tandis qu'elle irrigue richement le thymus et qu'elle s'atrophie en général au moment de la régression de cette glande.

---

(1) Dans un récent travail (*Comptes rendus,* 12 décembre 1907, p. 1229), M. Robinson dit bien que l'œsophage et l'aorte poussent en avant et en dehors le phrénique gauche ; mais il ne précise nullement la topographie exacte de ce nerf et il a tort de prétendre que le développement de la plèvre ait pour conséquence d'*enserrer le nerf entre cette séreuse et le péricarde.*

ANATOMIE. — *Sur les organes rudimentaires des larves des Muscides.* Note (¹) de M. J. Pantel, présentée par M. Edmond Perrier.

Mises à part, l'invagination de la tête et la concentration de la chaîne nerveuse, les particularités qui font des larves de Diptères acéphales un type si uniforme en soi, quoique si différent des autres larves helminthoïdes, relèvent des appareils circulatoire et respiratoire. Les unes comme les autres s'expliquent par des arrêts de développement, ou des régressions adaptatives.

I. *Appareil circulatoire.* — Le tronçon intermédiaire du vaisseau dorsal fait tout d'abord l'impression d'un organe, sans homologue chez l'adulte, ni les autres larves. C'est en réalité une série de chambres cardiaques rudimentaires. Là, comme dans le ventricule, des chambres sont constituées et individualisées par des systèmes opposés d'ostioles et de valvules toujours reconnaissables.

Nous en avions signalé précédemment trois paires chez *Thrixion;* de nouvelles recherches nous ont permis de constater qu'il en existe quatre, non seulement dans cette espèce, mais encore dans la généralité des Muscides; c'est très vraisemblablement le nombre typique pour les larves cycloraphes, réserve faite de quelques cas aberrants.

Ces organes sont situés sur les côtés, comme ceux du ventricule, et séparés de même par quatre noyaux pariétaux. Les valvules se remarquent, dans les vues d'en haut, comme de doubles cellules rapprochées, identiques d'aspect aux cellules valvulaires du ventricule, mais non invaginées. L'ostiole intervalvulaire n'est pas directement perceptible dans la plupart des cas; mais son existence, au moins en tant qu'organe virtuel, et la signification de tout l'ensemble, déjà plausible du seul fait d'une disposition qui répète celle du ventricule, sont confirmées par plusieurs observations directes : chez *Bigonichæta setipennis* nous avons vu à diverses reprises les cellules valvulaires réunies à leurs vis-à-vis par des cordons destinés à en empêcher le mouvement, comme dans le ventricule, et chez un *Sicus* (Conopide) nous avons pu nous rendre compte que les ostioles étaient assez développés, pour être fonctionnels.

La signification du tube contractile une fois fixée, celle de ses annexes ne saurait être douteuse : les *petites péricardiales* et les *petites ailes* forment ensemble un septum péricardial frappé d'arrêt.

Chez plusieurs espèces le passage des petites aux grandes péricardiales se

(¹) Présentée dans la séance du 28 décembre 1908.

fait par toute une série d'intermédiaires (*fig.* 1). Chez ces éléments de transition, les attributs du simple amibocyte, les aptitudes phagocytaires par exemple, disparaissent progressivement pour faire place à l'activité séparatrice caractéristique des grandes péricardiales : les petites péricardiales sont des amybocytes fixés et en voie de se différencier en néphrocytes.

De nos observations postérieures à la publication de nos recherches sur le *Thrixion*, il résulte qu'il en existe quatre pour chaque côté, chez la plupart des Tachinaires (*Cyrtophlebia, Sturmia, Trixion*), comme chez les Muscides communes (Weismann), ou seulement trois (*Bigonichæta setipennis*), et toutes possèdent régulièrement une insertion tégumentaire; ces insertions se succèdent d'arrière en avant aux intersegments successifs, comme on le voit (*fig.* 1) (résultats contredits par Weismann et Lowne), sans préjudice

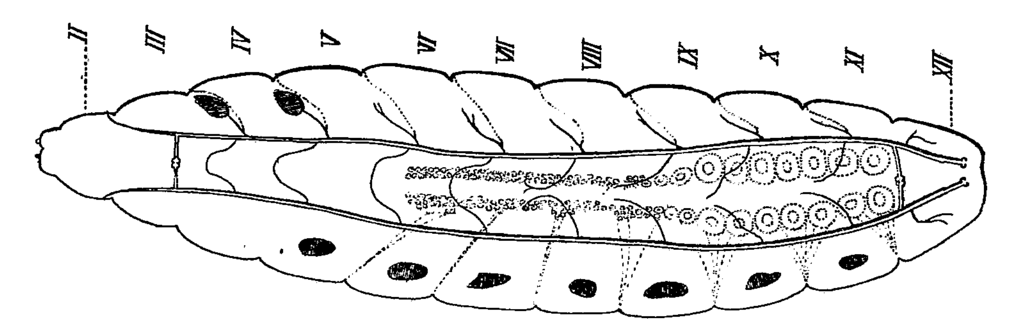


Fig. 1. — Vue dorsale schématique d'une larve de Muscide. En pointillé : les *cellules péricardiales*, dans la région moyenne; les *ailes*, du côté gauche; les trachées stigmatiques rudimentaires, du côté droit. Indiqués par des hachures : les histoblastes thoraciques dorsaux et les groupes œnocytiques latéro-dorsaux.

pour des insertions viscérales diverses. Le nombre répond, sauf les fluctuations indiquées par le cas de *Bigonichæta*, à celui des chambres. L'allure générale est celle de muscles transversaux, comme celle des grandes ailes, ou de muscles viscéraux pluripolaires, où la direction transversale, si nettement marquée dans l'élément complètement différencié, n'est souvent qu'ébauchée. Du même coup il devient manifeste que les grands muscles aliformes, terme dernier d'une évolution dont on retrouve dans les petits à peu près toutes les étapes, ne sont que d'énormes cellules musculaires viscérales à insertions multiples, orientées et principalement développées dans le sens transversal.

Ainsi compris, le vaisseau dorsal d'une larve de Brachycère se superpose, au degré de développement près, à celui d'une larve de Némocère, comme *Cecidomyia* ou *Ctenophora*.

II. *Appareil respiratoire.* — On y trouve deux ordres de parties rudimentaires métamériques :

a. D'abord des stigmates et des trachées stigmatiques.

Les larves dont il s'agit n'ont, comme on sait, de stigmates fonctionnels qu'aux segments XII et II, ou même au segment XII. En fait, on peut reconnaître sur tous les autres segments, le troisième excepté, une ébauche identique à celle déjà vue par Weismann au segment II des larves récemment écloses, et qui, d'ordinaire, est remplacée à la première mue par un stigmate fonctionnel. Elle se voit sur le côté, dans la zone antérieure du segment, sous la forme d'un détail cuticulaire mal défini auquel aboutit un cordon hypodermique se détachant de la trachée métamérique correspondante (cordon pointillé, côté droit de la figure), caractérisé comme une trachée stigmatique rudimentaire à la fois par ses rapports, par l'intima spiralée, terminée en doigt de gant, qui en marque l'origine et, par une ligne hyaline, le reste du canal aérifère. Stigmate et trachée stigmatique sont soumis à la mue, comme les organes correspondants du douzième ou du deuxième segment.

Ces organes sont bien visibles chez des larves jeunes, maigres et transparentes, conditions assez souvent réalisées chez les endoparasites. Palmen (1877) en a admis l'existence par voie de généralisation, sans les avoir observés. Nos résultats diffèrent d'ailleurs de ses vues théoriques sur deux points importants : 1° nous ne trouvons point le stigmate qu'il signale au segment III ; 2° les rudiments des trois derniers stigmates, qui, suivant lui, se réunissent pour constituer le gros stigmate à trois fentes de la larve tertiaire, persistent à leur place originelle, et le stigmate postérieur définitif, quel qu'en soit l'aspect, résulte de la modification progressive de ses formes jeunes.

b. Nous ne ferons guère que mentionner, sous le nom de *trachées communicantes dorsales*, une autre catégorie d'organes rudimentaires métamériques.

Il existe normalement, aux segments III et XII (situation en réalité un peu variable), deux larges voies trachéennes transversales, mettant en rapport les deux trachées maîtresses. Un nodule médian souvent visible, bien dessiné par Weismann, sur la voie postérieure, semble indiquer qu'elles sont dues à l'éboulement de deux trachées symétriques. Or, entre ces voies extrêmes plus larges, chaque trachée longitudinale émet huit branches in-

ternes métamériques, qui peuvent s'épuiser en se ramifiant, ou s'abouter avec leurs symétriques en donnant des trachées communicantes grêles (*Thrixion, Uclesia*); ce sont manifestement des homologues demeurés rudimentaires des grosses trachées extrêmes.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de la voix chantée.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

Un sujet déterminé peut émettre un certain nombre de notes qui constituent la tessiture de sa voix; aux notes graves de cette tessiture correspond ce qu'on appelle le *registre de poitrine;* aux notes aiguës, le *registre de tête.* Entre ces deux registres, il existe un passage plus ou moins marqué; c'est le mécanisme de ce passage que je vais étudier aujourd'hui.

1° *Fait anatomique.* — Tous les muscles intrinsèques du larynx sont innervés par le récurrent, les deux crico-thyroïdiens sont seuls innervés par le laryngé externe; ils

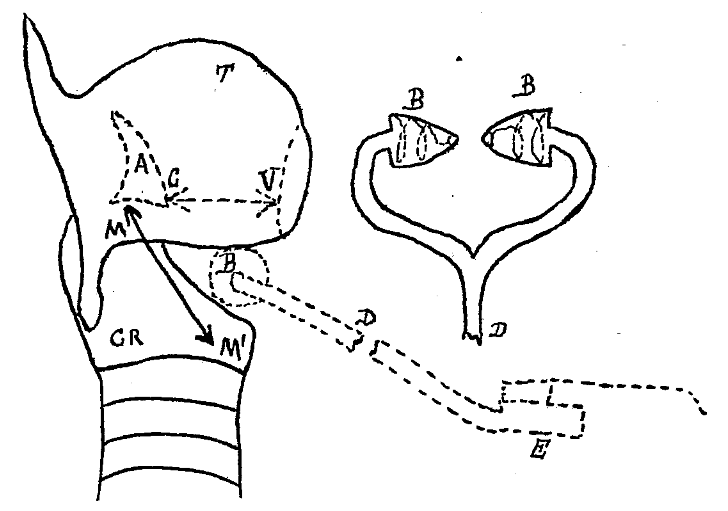


Fig. 1. — Vue latérale schématique du larynx.

A, cartilage aryténoïde; BB, tambours de Marey communiquant par le tube D avec un tambour à levier E; CV, corde vocale; MM', muscle crico-thyroïdien allant du cartilage cricoïde CR au cartilage thyroïde T.

ont donc une indépendance spéciale; ces deux muscles font basculer le cartilage thyroïde sur le cricoïde en rapprochant ces deux cartilages en avant; ce sont des tenseurs des cordes vocales (*fig.* 1).

2° *Fait expérimental.* — Si, au moment du passage de la voix de poitrine à la voix de tête, il y a une contraction brusque du crico-thyroïdien, l'espace compris en avant

entre ces deux cartilages doit diminuer de grandeur et l'on doit pouvoir constater cette diminution au moyen du cardiographe de Marey, modifié par Zünd-Burguet.

Cet instrument est placé de chaque côté du cou dans l'espace limité par le thyroïde, le cricoïde et le muscle crico-thyroïdien; les deux tambours communiquent ensemble et avec un tambour inscripteur au moyen d'un tube en Y (*fig.* 1).

Or, on constate toujours deux phénomènes différents qui sont absolument nets, qu'on fasse l'expérience sur des larynx d'hommes (tracés II et III) ou sur des larynx de femmes (tracés I et IV) (*fig.* 2).

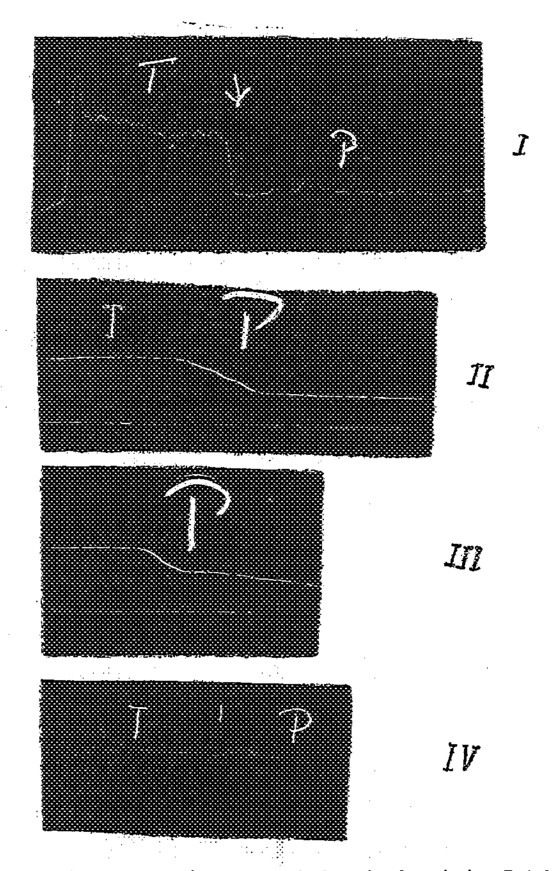


Fig. 2. — Différents tracés montrant le passage de la voix de poitrine P à la voix de tête T.

Premier cas. — Il y a une différence très marquée entre les deux registres; alors il se produit une contraction brusque des deux muscles crico-thyroïdiens; c'est le tracé I (*fig.* 2) : on a deux plateaux, le plateau inférieur correspondant au registre de poitrine, le plateau supérieur au registre de tête.

Deuxième cas. — Le passage de la voix de poitrine à la voix de tête est moins marqué, alors la courbe monte peu à peu et, chez certains artistes, elle est presque continue, sans raccordement; les tracés II, III et IV montrent bien les différences intermé-

diaires. Le crico-thyroïdien peut donc, ou se contracter brusquement, ou se contracter peu à peu de manière à produire la tension progressive des cordes vocales.

Si, en même temps, on photographie les vibrations de la voix, non seulement on connaît les notes qui appartiennent au registre de poitrine et au registre de tête, mais encore on détermine les notes qui manquent, c'est-à-dire les trous de la voix : le sujet qui a fourni le tracé I a une voix tremblée, d'inégale intensité, et deux notes manquent au moment du passage du plateau inférieur au plateau supérieur. Au contraire, le sujet qui a fourni le tracé IV a une voix régulière et il ne manque pas une seule note.

Les professeurs de chant ont donc bien observé ce phénomène de passage dû à la contraction du muscle crico-thyroïdien, mais les noms de *voix de poitrine* et de *voix de tête* semblent assez mal choisis, car ils peuvent induire les élèves en erreur : il n'y a en effet qu'une voix due à la vibration aéro-laryngienne produite au niveau de la glotte; il conviendrait mieux de se servir du terme *registre grave* et *registre aigu;* en effet, les expressions *registre épais* et *registre mince,* dont on se sert quelquefois, ont l'inconvénient de supposer qu'on connaît bien la relation entre l'épaisseur des cordes vocales et la note f ndamentale laryngienne, ce qui n'est pas exact, pour le moment du moins.

Cette théorie de la formation des deux registres a été souvent combattue; la contraction du muscle crico-thyroïdien n'est peut-être pas le seul phénomène qui se produise au moment du passage, mais elle se produit toujours, et elle est facile à mettre en évidence.

Conclusion. — Quand le passage entre les deux registres, grave et aigu, est très marqué, le tracé des vibrations montre que la voix est tremblée et que certaines notes font défaut; les professeurs de chant ont donc raison d'employer les méthodes qu'ils croient utiles pour faire disparaître ce passage.

PHYSIQUE. — *Action de l'encre sur la plaque photographique.* Note de M. Guillaume de Fontenay, présentée par M. d'Arsonval.

M. le commandant Darget a récemment communiqué à l'Académie des Sciences une suite d'expériences desquelles il concluait que l'organisme humain serait une source de radiations agissant sur le gélatino-bromure d'argent à peu près à la façon des rayons X ou des rayons β et γ du radium.

Voici le fait principal sur lequel cet observateur fondait son affirmation :

On applique contre la couche sensible d'une plaque au gélatino-bromure le côté *blanc* d'une feuille de papier dont l'autre face porte un texte manuscrit ou imprimé.

On enveloppe le tout dans du papier noir, puis dans du papier rouge. Enfin on maintient contre le front, au moyen d'un bandeau, pendant 30 minutes ou 1 heure, la plaque ainsi préparée, en ayant soin que le dos de la plaque se trouve du côté du bandeau et que, conséquemment, l'émulsion se trouve du côté du front, dont elle est séparée par une épaisseur de papier rouge, une épaisseur de papier noir et enfin par la feuille de papier-cliché. Après développement, la plaque porte assez souvent une reproduction plus ou moins exacte des caractères ou des dessins tracés sur le cliché-papier.

Comme il me paraissait peu vraisemblable et qu'en tout cas il n'était nullement prouvé qu'un tel résultat fût produit par une radiation quelconque de l'organisme humain, j'ai repris les expériences de M. Darget en partant d'une hypothèse toute différente : l'hypothèse d'une action chimique de l'encre sur la couche sensible.

Ce point de vue s'est montré avantageux, car j'ai pu, dès les premiers essais, éliminer l'hypothèse des prétendues radiations. En effet, tout en actionnant une plaque avec mon front suivant la méthode Darget, je soumettais une plaque-témoin, pendant le même temps, à une source artificielle de chaleur humide, et j'obtenais, après développement dans le même bain, deux clichés absolument comparables.

Voici probablement ce qui se produit :

La transpiration insensible de la peau (qu'on imite artificiellement au moyen d'un dispositif bien simple que je ne décrirai pas ici) distille en quelque sorte à travers les enveloppes et vient se condenser sur la gélatine de la plaque relativement froide après avoir traversé en dernier lieu la feuille de papier-cliché. On comprend que les molécules qui viennent de traverser une partie encrée aient une action bien différente de celles qui ont traversé du papier blanc et qu'ainsi les caractères se trouvent reproduits. Il y a 12 ans déjà que le capitaine Colson nous a décrit l'action de l'encre à sec sur la plaque au gélatinobromure [1].

Cependant, sans rappeler le détail d'observations bien connues, j'appellerai l'attention sur certaines différences que j'ai remarquées entre les faits Colson et les nouvelles expériences. Voici les principales :

1° Le contact est fort abrégé. De 2 ou 3 jours il est réduit à 2 ou 3 quarts d'heure; mais le capitaine Colson opérait à froid et à sec : il n'est pas surprenant que l'espèce de distillation dont je parlais tout à l'heure multiplie considérablement l'action de l'encre.

2° Il n'est plus nécessaire que l'encre soit au contact de la couche sensible. Les caractères peuvent être tracés soit au recto, soit au verso du cliché-papier. Cependant,

---

[1] R. Colson, *La plaque photographique*, 1897, p. 14, 15, 16, et passim.

et surtout avec les papiers d'épaisseur sérieuse, l'action est plus énergique pour les caractères tracés au recto, c'est-à-dire en contact avec le gélatinobromure.

3° Il est inutile de voiler la plaque avant de la soumettre à l'action de l'encre ou après l'y avoir soumise et avant de la développer (voile préalable et voile ultérieur de Colson).

Mais le point le plus intéressant et que je signale plus expressément est le suivant. Dans ces expériences, l'encre n'agit pas, comme dans les expériences du capitaine Colson, en fournissant toujours un négatif. Elle fournit tantôt un négatif, tantôt un positif.

Au cours des quelques expériences que j'ai pu faire, trop peu nombreuses il est vrai, je ne suis pas arrivé à préciser les causes de cette double action. Quelquefois la raison pour laquelle on obtient un positif saute aux yeux. Par excès d'humidité, il s'est produit un transport d'encre du papier à la plaque; c'est un vrai décalque, comme si l'on s'était servi d'encre à copier. Mais bien souvent il n'apparaît pas que ce phénomène à côté soit venu à se produire, et cependant l'inscription est encore positive. Parfois aussi une partie des inscriptions est positive, l'autre négative. J'ai même obtenu de temps en temps pour un même trait une partie noire correspondant au trait lui-même du cliché-papier ou à sa partie centrale, et une sorte d'empâtement clair, négatif, s'étalant à droite et à gauche, comme si la gélatine avait *bu*.

Les causes qui entrent en jeu dans ces phénomènes sont si multiples et si complexes qu'il y aurait lieu d'instituer des expériences absolument méthodiques, ce que je n'ai pu faire. Il faut tenir compte de la nature et de la composition de l'encre [1], de son état de fraîcheur ou d'oxydation, de l'état hygrométrique du cliché-papier et des enveloppes noire et rouge. La plaque elle-même peut être plus ou moins sèche. Enfin, le degré de pression qu'elle supporte peut bien aussi ne pas être indifférent au résulttat. Les observateurs qui auront le temps et la patience de continuer cette étude en ne faisant varier à chaque fois qu'un seul de ces divers facteurs arriveront certainement à préciser les causes de ces divergences curieuses.

Je signalerai en terminant que je n'ai jamais pu obtenir deux des résultats annoncés par M. Darget. L'encre d'imprimerie est toujours restée inactive dans mes expériences. Le capitaine Colson, lui aussi, l'avait trouvée inactive.

---

[1] L'encre dont je me suis servi et que fabrique la maison Herbin porte la désignation commerciale de *La perle des encres*.

D'autre part, M. Darget a obtenu la reproduction de clichés-papiers qui avaient été placés au dos de la plaque, ce qui exclurait toute action chimique.

En ce qui concerne l'encre d'imprimerie, je ne peux que me borner à constater cette différence de résultats. J'ai pourtant essayé de très vieilles encres provenant d'ouvrages anciens et des encres fraîches empruntées à des journaux de la semaine; mais je reconnais volontiers que les encres grasses n'ont pas toutes la même composition et que j'ai pu jouer de malheur.

Cependant le fait de plaques impressionnées à travers le verre m'a fait penser que peut-être aussi M. Darget avait omis de prendre certaines précautions indispensables, comme de tenir ses clichés-papiers à l'obscurité durant quelques jours avant de les utiliser. Si de tels soins ont été négligés, si des papiers insolés ont servi aux expériences ou si encore l'éclairage du laboratoire n'était pas inactinique au moment de la préparation des enveloppes, il ne faut pas s'étonner outre mesure des résultats obtenus par cet observateur.

PATHOLOGIE. — *Traitement de la Baléri chez le cheval par l'orpiment.* Note de MM. **A. Thiroux** et **L. Teppaz**, présentée par M. Laveran.

Nous avons rapporté, au mois d'octobre 1908 [1], les résultats obtenus dans le traitement par l'orpiment seul, ou associé à l'atoxyl, chez les chevaux, atteints de Souma et de trypanosomiase des chevaux de Gambie. Nous pouvons indiquer en passant que les animaux qui ont été l'objet de notre première Communication sont toujours en parfait état de santé. Nous n'avions pas pu, à cette époque, donner les résultats obtenus dans le traitement de la Baléri par l'orpiment seul, les expériences étant en cours.

Le traitement appliqué a été le traitement par l'orpiment seul, tel que nous l'avons indiqué dans notre précédente Communication. Grâce au bon état du cheval mis en expérience, nous avons même pu écourter ce traitement, qui a été institué ainsi qu'il suit : 1er jour, 20g d'orpiment; 4e jour, 25g; 7e, 30g; 10e, 30g; 13e, 30g; 16e, 30g; 17e, 30g. 8 jours de repos et second traitement, comprenant seulement cinq ingestions à 3 jours d'intervalle. Il est possible que, dans les trypanosomiases que nous avons reconnues curables par l'orpiment, le traitement puisse être réduit aux sept premières ingestions.

---

(1) Thiroux et Teppaz, *Traitement des trypanosomiases chez les chevaux par l'orpiment seul ou associé à l'atoxyl* (*Comptes rendus*, 12 octobre 1908).

Le cheval traité pour Baléri a été inoculé le 5 septembre sous la peau de l'encolure avec *Tr. Pecaudi* [virus que nous avons recueilli à Nianing au cours d'une mission relative aux trypanosomiases (1)]; il s'est infecté le 19, et il a présenté, entre le 20 et le 30, un état général mauvais et de l'œdème des boulets. Il a terminé son traitement le 3 novembre. Depuis cette époque, 2 mois environ, son état général est resté très satisfaisant. L'agglutination globulaire a été constamment nulle et l'on n'a jamais observé de trypanosomes dans le sang circulant. Nous considérons l'animal comme guéri.

Les trois trypanosomiases que nous avons reconnues curables par l'orpiment : trypanosomiase des chevaux de Gambie, Souma et Baléri, occupent une zone considérable; leur territoire s'étend du 15e degré et presque des rives du Sénégal et du Haut-Niger jusqu'au Congo et à l'Est jusqu'au Tchad, peut-être même au delà. Ce sont ces trois trypanosomiases que Bouet (2) retrouve à la côte d'Ivoire et au Dahomey. Martin et Lebœuf (3) les signalent au Congo à côté de *Tr. congolense*. Kérandel (4) les observe dans la Haute Sangha, le Logone, l'Ouahame et le Chari-Tchad. Pécaud et Cazalbou ont étudié sur les bords du Haut-Niger les trypanosomes qui portent leur nom, retrouvés depuis par Bouffard et, si Dutton et Todd n'ont signalé en Gambie que *Tr. dimorphon* chez les chevaux, c'est qu'il ont confondu les trois parasites en une seule espèce, depuis démembrée par Laveran.

On peut donc affirmer qu'avec l'orpiment on possède, actuellement, un moyen sûr de guérir chez les chevaux les trypanosomiases qui sont transmises par les Glossines, les plus répandues dans tout l'Ouest africain. Il ne reste plus guère à y étudier, parmi ces trypanosomiases, que celles plus rares qui sont dues à *Tr. congolense* et à *Tr. Brucei*.

Les trypanosomiases à tabanides, dont le Surra ou M' Bori est le type, et qui sévissent au nord du Sénégal et du Haut-Niger (au nord du 15e degré), semblent plus difficiles à guérir; les études que nous poursuivons au sujet de leur traitement nous donnent à penser qu'il faudra pour elles modifier un peu notre thérapeutique.

---

(1) THIROUX, WURTZ et TEPPAZ, *Maladie du sommeil et trypanosomiases animales sur la petite Côte et dans la région des Niayes au Sénégal* (*Annales de l'Institut Pasteur*, juillet 1908).

(2) G. BOUET, *Notes sur les trypanosomiases du Dahomey* (*Comptes rendus de la Société de Pathologie exotique*, octobre 1908).

(3) MARTIN, LEBŒUF et ROUBAUD, *Les trypanosomiases animales du Congo français* (*Comptes rendus de la Société de Pathologie exotique*, juin 1908).

(4) KÉRANDEL, *Trypanosomiases des Mammifères au Congo français* (*Comptes rendus de la Société de Pathologie exotique*, octobre 1908).

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Études sur le cancer des Souris. Sur différents types de tumeurs spontanées apparues dans un même élevage.* Note (¹) de MM. **L. Cuénot** et **L. Mercier**, présentée par M. Dastre.

On connaît actuellement de nombreux types de tumeurs spontanées chez la Souris, et l'on peut dire avec Borrel qu'on a retrouvé chez ce Rongeur toutes les formes de cancer décrites chez l'Homme.

Au cours de l'année 1908, nous avons observé trois cas de tumeurs spontanées bien caractérisées dans notre élevage de Souris :

1° Un sarcome sous-cutané;

2° Une tumeur épithéliale cornée sous-cutanée;

3° Une tumeur papillomateuse du poumon.

I. *Sarcome sous-cutané.* — Tumeur du volume d'une noix siégeant au flanc gauche d'une Souris de race golden-agouti. Cette tumeur a évolué dans le courant du mois de janvier 1908.

Sur les coupes, la tumeur se trouve constituée par des îlots compacts de cellules arrondies ou fusiformes auxquelles sont intimement mêlés de nombreux leucocytes parmi lesquels les polynucléaires dominent. Les figures de mitose sont fréquentes. Il est assez difficile d'homologuer sûrement les espèces de sarcomes en raison des intermédiaires qui existent entre les divers types; le nôtre n'est pas très différent d'un sarcome à cellules polymorphes, formant la partie sarcomateuse d'une tumeur mixte décrite par Ehrlich.

L'inoculation des fragments de tumeur n'a donné aucun résultat.

II. *Tumeur épithéliale cornée.* — Énorme tumeur du volume d'une noix, siégeant à l'aisselle gauche d'une Souris golden-agouti. La Souris est trouvée morte le 1er avril 1908. A l'autopsie, nous constatons que la tumeur est bien circonscrite et qu'elle s'énuclée facilement; sur une coupe passant par le centre, on voit que la tumeur est composée de deux régions bien distinctes : 1° une région périphérique compacte, homogène, d'aspect hyalin; 2° une région centrale sèche, granuleuse. Nous n'avons pas observé de métastases.

L'étude histologique montre que la tumeur est formée de tubes épithéliaux noyés dans une gangue conjonctive renfermant de nombreuses cellules dont certaines rappellent par leurs caractères les éléments à carmin soluble que nous avons décrits dans le stroma de la tumeur B. Les tubes épithéliaux situés dans la zone périphérique de la tumeur sont constitués par une ou plusieurs assises de cellules rappelant par leur aspect les cellules des couches profondes de l'épiderme; beaucoup de ces cellules sont

(¹) Présentée dans la séance du 21 décembre 1908.

en mitose. La lumière des tubes est souvent obstruée par des formations épithéliales se présentant comme des bourgeons de la paroi.

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la périphérie de la tumeur pour se rapprocher du centre, on constate une transformation progressive en squames épidermiques des cellules épithéliales formant la paroi des tubes, si bien que la masse centrale de la tumeur est constituée par de longs boyaux entièrement cornés. Ces caractères de structure nous permettent de rapprocher cette tumeur de la tumeur molluscoïde décrite par Haaland et de la tumeur épithéliale de Erdheim.

L'inoculation pratiquée sur douze Souris n'a donné aucun résultat.

III. *Tumeur papillomateuse du poumon.* — Une Souris inoculée sans succès de tumeur B au commencement d'avril est sacrifiée le 15 juin. A l'autopsie, nous observons une tumeur du volume d'un gros pois faisant saillie à la surface d'un lobe du poumon gauche. Sur les coupes, ce nodule présente une structure différente dans la région périphérique et dans la partie centrale. La périphérie de la tumeur est constituée par des débris de tissu alvéolaire noyés dans des amas de grandes cellules renfermant de longs cristaux (*Staubzellen*). Les vaisseaux sanguins sont entourés d'une gaine épaisse de leucocytes mononucléaires; la présence de ces éléments, jointe à celle des *Staubzellen,* indique une réaction mésodermique très marquée (Borrel, Haaland). La région centrale de la tumeur a un tout autre aspect. Elle est constituée par de longues papilles, parfois ramifiées, dont la fine charpente conjonctive est revêtue d'une ou plusieurs assises de cellules cylindriques dont certaines sont en mitose.

La structure de cette tumeur est identique à celle dn nodule cancéreux décrit par Haaland dans le poumon d'une Souris porteuse d'une tumeur Jensen.

Les tumeurs du poumon sont fréquentes chez la Souris. Livingood, Haaland, L. Lœb, et particulièrement Tyzzer, en ont signalé de nombreux cas. Mais, étant donné que ces tumeurs ont été souvent observées chez des Souris préalablement inoculées avec des tumeurs de types variés, il en est résulté une certaine hésitation pour savoir si, dans certains cas, les tumeurs du poumon devaient être considérées comme des tumeurs spontanées ou s'il fallait admettre une relation entre elles et la greffe (métastase ou transport d'un virus hypothétique).

D'après l'ensemble des faits et les conditions de l'expérience, nous croyons pouvoir dire qu'il n'y a aucune relation entre notre tentative de greffe de tumeur B et la tumeur du poumon que nous venons de décrire; celle-ci est donc une tumeur primaire. Nous ferons encore remarquer que les Souris porteuses de tumeurs apparentes ou soumises à l'expérimentation sont seules autopsiées avec soin; aussi il est naturel de trouver chez ces animaux la majeure partie des cas de tumeurs du poumon.

Nous avons cru intéressant de signaler les trois cas de tumeurs spontanées apparues dans notre élevage de Souris. Cet élevage, qui a donné un nombre

énorme d'individus, se poursuit sans interruption depuis 1899 dans les mêmes conditions, et c'est la première fois, depuis 9 ans, qu'on constate l'apparition de tumeurs qui se trouvent être de trois types différents.

Ce fait, rapproché des cas signalés par Tyzzer (sur seize Souris porteuses de tumeurs spontanées, quatre présentaient deux tumeurs de types différents), nous paraît présenter un grand intérêt. En admettant l'existence de virus cancéreux, quel que soit ce virus et le mode d'infection, il serait bien extraordinaire que les trois types de tumeurs décrits ci-dessus aient été déterminés la même année par trois virus différents et spécifiques. Il est plus simple de croire qu'un virus unique a pu provoquer l'apparition de tumeurs variées.

Ajoutons pour mémoire que nous avons constaté la présence fréquente d'endo- et d'ectoparasites dans notre élevage de Souris : des Cestodes (foie et intestin), un Sarcosporidie, un Acarien (*Aleurobius farinæ* De Geer) vivant dans les cages et dont la présence a été constatée très fréquemment depuis 4 ans environ.

CHIRURGIE. — *Énorme calcul urique de la vessie urinaire chez l'homme.* Note de M. A. Guépin.

Il s'agit d'un homme vigoureux de 68 ans, glycosurique, graveleux ancien quoique sobre et actif, porteur d'un énorme calcul, que j'ai dû opérer, en ville, par la cystotomie sus-pubienne.

Le calcul, adhérent aux parois vésicales, est de forme ovoïde un peu aplatie, d'aspect rugueux, de couleur rouge brun, très dur, long de $8^{cm},5$, large de $6^{cm},8$, épais de $4^{cm},5$ et pesant à l'état sec 220^{g}.

Les calculs qu'on retire d'ordinaire (par la lithotritie ou la taille) pèsent en moyenne de 12^{g} à 15^{g}; leur plus grande dimension ne dépasse guère $2^{cm},5$ et ils ont, comme celui-ci, la forme classique en galet. Il ne s'agit ici que des calculs uriques.

Or malgré le volume de la pierre le malade a pu vivre le temps nécessaire à son prodigieux accroissement. Complètement guéri de l'opération le 21 octobre dernier, il a quitté la maison de santé pour reprendre ses occupations.

Le fait est donc, à tous points de vue, tout à fait exceptionnel et, bien que j'aie eu l'occasion d'intervenir très souvent chez les calculeux, je n'en connais pas d'analogues.

OCÉANOGRAPHIE. — *La source de la Bise dans l'étang de Thau.* Note de MM. Chevallier et Sudry.

Dans la crique de l'Angle, dépendance de l'étang du Thau, entre Balaruc-les-Bains et Bouzigues, jaillit d'une trentaine de mètres de profondeur une source thermale connue sous le nom de source *de l'Abysse* ou *de la Bise*.

L'entonnoir qui donne naissance à la source s'ouvre par des fonds variant de $2^m,8$ à $3^m,4$; sensiblement circulaire à l'isobathe de 5^m où il a un diamètre de 100^m environ, il devient peu à peu elliptique et se termine par un orifice étroit situé à $29^m,50$ au-dessous du niveau de l'étang. Ce point le plus profond se trouve à 150^m de la rive est, dans la direction du clocher de Bouzigues.

Le filet d'eau s'échappe du fond avec une faible section, mais sous une pression assez forte; il s'élargit au fur et à mesure qu'il s'élève et produit à la surface un remous ou bouillonnement perpétuel de 8^m à 10^m de largeur, parfaitement visible de la falaise de Balaruc, même quand l'étang est agité par les vagues. Le bouillonnement n'est pas stationnaire, il se déplace et ne se trouve, pour ainsi dire, jamais exactement au-dessus de la source.

En hiver, l'existence de la source se révèle par la présence de vapeurs qui se condensent en une sorte de brouillard. La température à la surface, au centre du bouillonnement, était au mois de septembre 1908 de $21°,2$; à 29^m de profondeur on a trouvé $21°,3$; mais vu la rapidité avec laquelle les filets d'eau chaude se diffusent dans les profondeurs, il est probable que la température de la source au point exact où elle sort de terre est légèrement supérieure à $21°,3$.

L'analyse d'échantillons recueillis de 5^m en 5^m depuis la surface jusqu'au fond montre que l'eau de la Bise a une densité inférieure à celle de l'étang.

Sa composition se rapproche de celle des sources minérales voisines de Balaruc-les-Bains. Comme ces dernières, elle contient moins de chlore et plus d'acide sulfurique que l'eau de mer n'en contiendrait à densité égale. Mais, par suite de l'impossibilité de la récolter complètement, exempte de tout mélange avec les eaux voisines de l'étang, on ne peut déterminer exactement sa minéralisation.

La région Balaruc, environs de la Bise, Roquerols est une portion effondrée des monts de la Gardiole qui auparavant se prolongeaient jusqu'au mont de Cette; on y observe de part et d'autre les mêmes masses de calcaire compact du jurassique supé-

rieur. L'îlot de Roquerols et les quelques rochers épars qui affleurent aux environs de la pointe de Balaruc et jusque tout près de la Bise seraient les derniers vestiges de ces terres disparues. C'est dans cette région disloquée qu'ont pris naissance les trois sources thermales de Balaruc-les-Bains, toutes chlorurées sodiques, de composition à peu près identique, mais de température différente : source romaine 48°, source Bidon 19° et source communale 16°, les deux dernières moins importantes. La source de la Bise ayant une composition analogue et se trouvant dans la même région doit avoir la même origine et communiquer plus ou moins facilement avec elles. Cette hypothèse expliquerait alors clairement l'augmentation ou la diminution du débit et de la température de la source chaude de Balaruc, lorsque le niveau de l'étang s'élève ou s'abaisse ; on avait supposé à tort, pour expliquer ce phénomène, que la source de Balaruc avait une origine sous-marine et était ainsi alimentée par l'eau de l'étang. En effet, lorsque, par les vents du Sud, le niveau de l'étang augmente, la source de la Bise ayant une pression plus considérable à vaincre pour sortir de son orifice, reflue en partie vers la source de Balaruc qui voit ainsi son débit augmenter.

Quand, au contraire, par les vents du Nord, le niveau de l'étang s'abaisse, la pression au-dessus de la Bise s'abaisse aussi, la source jaillit plus facilement et une portion des eaux de Balaruc s'écoulent avec elle ; il en résulte un débit plus faible à l'établissement thermal. Dans aucun cas l'eau salée de l'étang ne se mélange avec la source de Balaruc qui sert de régulateur ou plutôt de tube de sûreté à la source de la Bise.

Plusieurs échantillons du sol sous-marin ont été récoltés et analysés : le fond, partout très dur, est formé par un rocher calcaire, dont une vase sableuse très consistante, de nombreuses coquilles entières et brisées et des débris de Posidonies remplissent les creux jusqu'au voisinage même du point d'émergence de la source. La consistance, due à la richesse en matières organiques qui fixent indirectement le sulfate de chaux, explique comment une couche de vase peut tapisser des parois abruptes sans cesse balayées par des remous. La présence de la vase et de Posidonies à demi décomposées montre que, tandis qu'à la surface une eau moins dense se répand dans toutes les directions autour du bouillonnement en s'en éloignant, des courants profonds vont en sens inverse depuis les bords jusqu'au fond de l'entonnoir.

L'égalité de la température, se maintenant hiver comme été à peu près constante, et le brassage continuel des eaux font de la source de la Bise une station très favorable au développement des êtres vivants et permettent à des poissons migrateurs qui, pour la plupart, gagnent la mer à l'approche des froids, de séjourner dans cette partie de l'étang où les pêcheurs, en décembre, capturent avec leurs filets plusieurs centaines de quintaux de Loups et de Muges.

M. Nicolo-Alberto Barbieri adresse une Note intitulée : *Les racines dorsales ou postérieures des nerfs spinaux sont centrifuges, motrices et trophiques.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 4 janvier 1909.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule XXXIII : *Crustacés décapodes (Pénéidés)*, provenant des campagnes de l'*Hirondelle* et de la *Princesse-Alice* (1886-1907), par E.-L. Bouvier, avec seize planches. Imprimerie de Monaco, 1908; 1 vol. in-4°. (Hommage de S. A. S. le Prince Albert de Monaco.).

Peintures et gravures murales des cavernes paléolithiques. *La caverne d'Altamira à Santillane (Espagne)*, par Émile Cartailhac, Correspondant de l'Institut, et Henri Breuil; planches et figures par H. Breuil. Imprimerie de Monaco, 1906; 1 vol. in-4°. (Hommage de S. A. S. le Prince Albert de Monaco.)

Histoire du développement de la Chimie depuis Lavoisier jusqu'à nos jours. par A. Ladenburg; traduit sur la 4e édition allemande par A. Corvisy. Paris, A. Hermann et fils, 1909; 1 vol. in-8°.

Service géographique de l'Armée. Rapport sur les travaux exécutés en 1906. Paris, 1907; 1 fasc. in-8°.

Réponse de M. Ernest Chantre *aux accusations portées contre lui au sujet de ses travaux sur la nécropole de Khozan.* Lyon, A. Rey et Cie, 1908; 1 fasc. in-8°.

L'art du repos et l'art du travail, par Duchatel et Warcollier. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1909; 1 fasc. in-8°.

La grande proposition de Fermat, par D.-K. Popoff. Sophia, imp. P.-M. Bazatyoff, 1908; 1 fasc. in-8°.

Revue générale de Botanique, dirigée par M. Gaston Bonnier, Membre de l'Institut;

n° 240, livraison de décembre 1908. Paris, Librairie générale de l'Enseignement; 1 fasc. in-8°.

Recueil de l'Institut de Botanique (Université de Bruxelles), publié par L. ERRERA; t. III, avec 164 figures dans le texte et 10 planches. Bruxelles. Henri Lamertin, 1908; 1 vol. in-4°.

Mémoires de l'Observatoire de l'Ebre; n° 3. *La section magnétique,* par E. MERVEILLE; édition française. Barcelone, Gustavo Gili, 1908; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 11 JANVIER 1909.

Histoire physique, naturelle et politique de Madagascar, publiée par ALFRED GRANDIDIER. Volume IV : *Ethnographie de Madagascar,* par ALFRED GRANDIDIER, Membre de l'Institut, et GUILLAUME GRANDIDIER. Tome I : *Les habitants de Madagascar;* 1re Partie : *Origine et division des indigènes;* 2e Partie : *Les étrangers.* Paris, Imprimerie nationale, 1908; 2 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Recherches expérimentales sur les propriétés physico-chimiques de quelques gaz, en relation avec les travaux de revision du poids atomique de l'azote; avec 14 figures dans le texte. (Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Genève. Directeur : PH.-A. GUYE.) Genève, Georg et Cie; Paris, Gauthier-Villars, 1908; 1 fasc. in-4. (Hommage de M. Ph.-A. Guye.)

Baromètre isothermique, par le marquis DE MONTRICHARD. Paris, imp. E. Paillet, s. d.; 1 fasc. in-4°.

L'Helianti et la question fourragère, par R. DE NOTER. Paris, O. Bornemann, 1908; 1 fasc. in-12.

Plus de disette de fourrage par la culture de l'Helianti, par R. DE NOTER. Castres, imp. Abeilhou, s. d.; 1 fasc. in-12.

Ensayo sobre la Historia contemporanea de Honduras, por CÉSAR LAGOS. San-Salvador, 1908; 1 fasc. in-8°.

Observatorio astronomico de la Universidad nacional de La Plata. Estacion astronomica de Oncativo, antecedentes historicos y cientificos, informaciones administrativas. La Plata, 1908; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(T. CXLVII, Séance du 14 décembre 1908.)

Note de M. *Gerber*, Fonctionnement des présures aux diverses températures :

Page 1321, 3e ligne, *au lieu de* que la température est plus élevée, *lisez* que la température est moins élevée.

(T. CXLVII, Séance du 21 décembre 1908.)

Note de M. *Arctowski*, Sur les variations des climats :

Page 1440, ligne 16, *au lieu de* + 0°,38 à Bilbao, *lisez* + 0°,28.
Page 1440, ligne 27, *au lieu de* — 0°,3, *lisez* + 0°,3.
Page 1440, ligne 29, *après* Les variations des climats, *ajouter* qui sont dues à des phénomènes d'ordre dynamique.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JANVIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret approuvant l'élection que l'Académie a faite de M. *Villard* pour occuper, dans la Section de Physique, la place vacante par le décès de M. *E. Mascart*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur invitation de M. le Président, M. **Villard** prend place parmi ses Confrères.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications de la méthode de M. Fredholm.* Note de M. **H. Poincaré**.

La méthode de Fredholm permet de résoudre presque immédiatement certaines questions relatives au développement des fonctions en séries ou à leur représentation par des intégrales définies.

Par exemple, on peut résoudre l'équation intégrale de première espèce

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(y)\,[e^{ixy}+f(x, y)]\,dy=\psi(x),$$

où $\varphi(y)$ est la fonction inconnue, si $f(x, y)$ n'a, quel que soit x, qu'un nombre limité de maxima et de minima, si elle tend uniformément vers o pour $y=\pm\infty$, si $\frac{df}{dy}$ est limité et satisfait aux mêmes conditions.

Dans le même ordre d'idées, une fonction satisfaisant aux conditions de Dirichlet sera, pour toutes les valeurs de x comprises entre o et 2π, développable en série procédant suivant les fonctions

$$e^{imx} + \theta_m(x) \qquad (m \text{ entier}),$$

pourvu que la série $\Sigma |\theta_m(x)|$ converge absolument et uniformément. Cette condition est suffisante; il serait facile de trouver les conditions nécessaires et suffisantes, que je n'énonce pas.

Par exemple, on pourra développer suivant les fonctions

$$\cos\mu_m x, \qquad \sin\mu_m x,$$

pourvu que la série

$$\sum (\mu_m - m)$$

converge absolument.

Proposons-nous encore de résoudre l'équation intégrale de première espèce

$$\int_0^{2\pi} \varphi(z)[e^{izx} + f(x, z)]\, dz = \psi(x).$$

Nous nous proposons de déterminer la fonction $\varphi(z)$ pour les valeurs de z comprises entre o et 2π; je ne dirai pas en se donnant arbitrairement la fonction $\psi(x)$, cela serait impossible, mais en se donnant les valeurs de $\psi(x)$ pour toutes les valeurs *entières* de x positives ou négatives.

Pour que cela soit possible, il suffit qne la série

$$\sum \psi(m)$$

et que l'intégrale

$$\int_0^{\infty} f''(x, z)\, dx$$

convergent absolument et uniformément.

Je profite de l'occasion pour réparer un oubli involontaire qui m'a été signalé par M. Picard.

Dans une Note récente, j'ai signalé une série de résultats relatifs respectivement aux cas où le noyau de l'équation de Fredholm devient infini d'ordre $< \frac{1}{2}$, $< \frac{2}{3}$, $< \frac{3}{4}$, $\cdots$; le premier de ces résultats avait déjà été obtenu par une autre voie par M. Hilbert.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de préparation général des acides trialcoylacétiques.* Note de MM. **A. Haller** et **Ed. Bauer.**

Les trialcoylacétophénones $C^6H^5COC\begin{smallmatrix}\diagup R\\ -R'\\ \diagdown R''\end{smallmatrix}$ dont nous avons donné, dans une récente Communication (¹), une méthode générale de préparation, ressemblent dans une certaine mesure aux diarylcétones comme la benzophénone, le groupement fonctionnel cétonique étant, dans les deux cas, lié à deux radicaux par un atome de carbone tertiaire

$$CH\begin{smallmatrix}\diagup CH=CH \diagdown\\ \diagdown CH=CH \diagup\end{smallmatrix}C-CO-C\begin{smallmatrix}\diagup CH=CH \diagdown\\ \diagdown CH=CH \diagup\end{smallmatrix}CH \qquad CH\begin{smallmatrix}\diagup CH=CH \diagdown\\ \diagdown CH=CH \diagup\end{smallmatrix}C-CO-C\begin{smallmatrix}\diagup R\\ -R'\\ \diagdown R''\end{smallmatrix}$$

Il était donc probable que ces cétones se comporteraient à l'égard de l'amidure de sodium comme la benzophénone et ses homologues (²) et qu'elles se scinderaient soit en amides trialcoylacétiques et benzène, soit en amides benzoïques et trialcoylméthanes.

Des deux modes de dédoublement c'était, sans aucun doute, le premier qui avait le plus de chance de se produire, M. Nef ayant déjà démontré que la potasse, chauffée à 150°, en tubes scellés, avec la triméthylacétophénone, avait pour effet de dédoubler partiellement cette cétone en acide triméthylacétique ou pivalique et benzène (³).

L'expérience a en effet confirmé ces prévisions. Toutes ces cétones chauffées avec de l'amidure de sodium en milieu benzénique, toluique, xylénique, etc., se scindent, pour ainsi dire quantitativement, suivant l'équation

$$C^6H^5.CO.C\begin{smallmatrix}\diagup R\\ -R'\\ \diagdown R''\end{smallmatrix} + NaNH^2 + H^2O = C^6H^6 + H^2NCO - C\begin{smallmatrix}\diagup R\\ -R'\\ \diagdown R''\end{smallmatrix} + NaHO.$$

L'opération se fait de la façon suivante :

Dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux, on introduit une molécule de la cétone à dédoubler dissoute dans 4 à 5 fois son volume de benzine ou d'un de ses homologues

(¹) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 70.

(²) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 824.

(³) Nef, *Ann. der Chemie*, t. CCCX, 1899, p. 316.

et l'on ajoute à la solution $1^{mol},5$ d'amidure de sodium finement pulvérisé. Le tout est chauffé à l'ébullition pendant 4 à 5 heures.

Au bout de ce temps, si l'on a eu le soin de maintenir la solution à l'abri de toute humidité, on constate qu'elle a pris une couleur brunâtre et que la majeure partie de l'amidure a disparu. On enlève alors le ballon et, tout en l'agitant, on y introduit de l'eau goutte à goutte, en ayant soin de modérer l'addition quand la réaction devient trop vive. Il se forme alors un précipité qui, dans certains cas, peut provoquer la prise en masse de tout le contenu du ballon et, dans d'autres (avec la méthyléthylpropylacétophénone, par exemple), est à peine perceptible. En continuant à ajouter de l'eau, le précipité se redissout et le dédoublement est opéré. On décante la couche benzénique qu'on lave à plusieurs reprises avec de l'eau, on chasse la benzine et l'on fait cristalliser l'amide ou on la distille sous pression réduite.

Il est à remarquer que, dans le cas d'une opération défectueuse, il devient presque impossible de séparer par distillation fractionnée l'amide de la cétone non entrée en réaction, leur point d'ébullition étant très voisin.

Ces amides, cristallisées au sein du benzène, se présentent en général sous la forme de feuillets nacrés se sublimant rapidement et bien avant leur point de fusion.

Très faible pour le premier terme, la solubilité dans la benzine augmente pour les termes supérieurs qui inversement possèdent un point de fusion plus bas que les termes inférieurs.

Elles résistent à l'action de la potasse. Pour les transformer en acides, nous avons dû les traiter par le procédé que M. Bouveault avait appliqué jadis aux amides des acides aromatiques. Il consiste à faire agir sur ces composés de l'azotite de soude et de l'acide sulfurique, ou plus simplement du sulfate de nitrosyle. On dissout l'amide dans de l'acide sulfurique et l'on ajoute à la solution la quantité théorique de sulfate de nitrosyle dont on favorise la dissolution en chauffant au bain-marie. On additionne ensuite la liqueur d'un peu d'eau, ce qui élève suffisamment la température du mélange pour provoquer la réaction et le dégagement d'azote. Quand le dégagement cesse on étend d'une plus grande quantité d'eau, on agite avec de l'éther pour enlever l'acide, on décante et la solution éthérée est épuisée avec une lessive de soude additionnée de carbonate de soude. Après avoir soutiré la liqueur aqueuse, on la décompose par de l'acide sulfurique et on l'épuise de nouveau avec de l'éther. On chasse l'éther et l'on rectifie l'acide à la pression ordinaire ou sous pression réduite.

Propriétés générales. — Les acides trialcoylacétiques sont, en général, des liquides mobiles dont l'odeur ne rappelle que très peu celle des acides gras ordinaires.

Sauf l'acide pivalique, ils sont à peu près insolubles dans l'eau et distillent sans décomposition à la pression ordinaire.

Amide pivalique $(CH^3)^3.C.CONH^2$. — Déjà préparée par les méthodes ordinaires, cette amide s'obtient très facilement en chauffant la triméthylacétophénone avec de l'amidure de sodium dans les conditions décrites. Nous devons remarquer que l'amide pivalique, étant très peu soluble dans la benzine à froid, se précipitera presque intégralement quand on ajoutera de l'eau à la solution. On obtient en effet des aiguilles qui, après cristallisation dans l'alcool, fondent nettement à 155°-156°.

Les rendements sont pour ainsi dire quantitatifs.

Amide diméthyléthylacétique $\genfrac{}{}{0pt}{}{(CH^3)^2}{C^2H^5}\!\!>C.CONH^2$. — Préparée avec la diméthyléthylacétophénone, cette amide se présente sous la forme de feuillets nacrés qui, après cristallisation dans la benzine, fondent à 103°-104°.

Ici encore les rendements sont presque quantitatifs.

Acide diméthyléthylacétique $\genfrac{}{}{0pt}{}{(CH^3)^2}{C^2H^5}\!\!>C.COOH$. — Cet acide a été préparé avec l'amide qu'on a traitée par de l'acide azoteux dans les conditions déjà signalées.

Il avait déjà été obtenu par différentes autres voies par Wichnegradsky, qui l'a décrit comme une huile distillant à 187°, puis par Lavorinowitsch, par Anschütz et Rauff, et enfin par M. Bouveault.

Huile à odeur légère d'acide gras bouillant à 184°-185° sous la pression ordinaire.

Amide de l'acide propyldiméthylacétique $\begin{matrix}C^3H^7\\CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C.CONH^2$. — Elle prend naissance avec un rendement quantitatif quand on traite la propyldiméthylacétophénone suivant le mode opératoire normal.

Beaucoup plus soluble dans la benzine que son homologue inférieur, cette amide se présente sous la forme d'écailles nacrées fusibles à 95°-96°.

Acide propyldiméthylacétique $\genfrac{}{}{0pt}{}{C^3H^7}{(CH^3)^2}\!\!>C.CO^2H$. — Liquide à odeur particulière ne rappelant que vaguement celle des acides gras, distillant à 101°-102° sous 11^{mm} et à 199°-200° à la pression ordinaire.

Amide de l'acide méthyldiéthylacétique $\genfrac{}{}{0pt}{}{(C^2H^5)^2}{CH^3}\!\!>C.CONH^2$. — Isomère

de l'amide de l'acide propyldiméthylacétique, cette amide dérive de la propyldiméthylacétophénone. Elle cristallise par refroidissement de sa solution benzénique bouillante en aiguilles fondant à 78°-79°.

Acide méthyldiéthylacétique $\left.\begin{matrix}(C^2H^5)^2\\ CH^3\end{matrix}\right\rangle C.COOH$. — Préparé au moyen de son amide, cet acide constitue un liquide à odeur agréable rappelant l'odeur des éthers des acides gras à chaîne normale correspondants.

Il distille à 203°-204° à la pression ordinaire et a déjà été obtenu par Schdanoff, qui lui assigne le point d'ébullition de 207°-208° sous 153^{mm}.

Amide de l'acide triéthylacétique $(C^2H^5)^3.C.CONH^2$. — Elle dérive de la triéthylacétophénone et cristallise dans l'alcool sous la forme d'aiguilles fondant à 108° et distillant à 148°-149° sous 20^{mm}.

Acide triéthylacétique $(C^2H^5)^3\equiv C - CO^2H$. — Obtenu en partant de son amide, cet acide distille à 119° sous 14^{mm} et à 220°-222° sous la pression ordinaire, et se présente sous la forme d'un liquide se prenant rapidement en une masse cristalline fondant à 39°, 5.

Amide de l'acide méthyléthylpropylacétique $\left.\begin{matrix}C^3H^7\\ C^2H^5\\ CH^3\end{matrix}\right\rangle C - CONH^2$. — Cette amide dissymétrique a été obtenue en traitant la méthyléthylpropylacétophénone par de l'amidure de sodium au sein de la benzine. En décomposant le produit de la réaction par quelques gouttes d'eau, on n'observe que très passagèrement la formation d'un précipité. L'amide extraite de la solution benzénique distille à 134°-135° (sous 12^{mm}) en un liquide se prenant bientôt en masse.

Elle est très soluble dans tous les solvants ordinaires (alcool, éther, éther de pétrole, benzine, toluène) au sein desquels il est impossible de la faire cristalliser. Nous avons pu l'obtenir, en fines aiguilles fondant à 46°, en refroidissant sa solution dans le toluène par un mélange de glace et de sel.

Acide méthyléthylpropylacétique $\left.\begin{matrix}C^3H^7\\ C^2H^5\\ CH^3\end{matrix}\right\rangle C - CO^2H$. — Cet isomère de l'acide triéthylacétique dérive de l'amide que nous venons de décrire. Il est liquide, possède une odeur éthérée et distille à 215°-220° sous la pression ordinaire.

Nous donnons dans le Tableau suivant les points de fusion des amides et les points d'ébullition des acides à la pression normale :

		Amides P. F.	Acides P. E.
	Triméthylacétique ou pivalique....	155°-156°	
	Diméthyléthylacétique	103-104	184°-185°
Isomères	Diméthylpropylacétique	95- 96	199-200
Isomères	Méthyldiéthylacétique............	78- 79	203-204
Isomères	Méthyléthylpropylacétique........	42	215-220
Isomères	Triéthylacétique.................	108	220-222

Tandis que les points de fusion des amides vont en diminuant à partir de l'amide pivalique jusqu'à l'amide de l'acide méthyléthylpropylacétique, pour remonter ensuite avec celui de l'acide triéthylacétique, les points d'ébullition des acides vont en augmentant de l'acide pivalique à l'acide triéthylacétique.

Des essais tentés pour soumettre au même dédoublement les allylalcoylacétophénones $C^6H^5CO\langle{}^{C^3H^5}_{R^2}$ et $C^6H^5CO-\!\!\begin{matrix}/C^3H^5\\ -R\\ \backslash R^1\end{matrix}$ n'ont jusqu'à présent donné aucun résultat. Quand on chauffe par exemple l'allyldiméthylacétophénone au sein de la benzine avec de l'amidure de sodium, on régénère, par décomposition avec de l'eau, intégralement la cétone mise en œuvre.

En résumé, les recherches qui forment l'objet de cette Note établissent nettement les faits suivants :

1° Comme les diarylcétones déjà étudiées, les aryltrialcoylacétophénones, c'est-à-dire les cétones dans lesquelles le groupement fonctionnel CO est uni, d'un côté, à 1^{atm} de carbone tertiaire d'un trialcoylméthyle $C\begin{matrix}/R\\ -R_1\\ \backslash R_2\end{matrix}$ et de l'autre directement à un noyau aromatique, se scindent nettement en amides des acides trialcoylacétiques et en un composé aromatique (carbure dans le cas étudié), quand on les chauffe, au sein de dissolvants neutres, comme le benzène et ses homologues, avec de l'amidure de sodium ;

2° Cette propriété facilitera notablement la préparation des amides et, partant, des acides trialcoylacétiques.

Nous continuons ces études d'alcoylation des cétones et avons, en particulier, l'intention de préparer les cétones grasses possédant des trialcoyl-

méthyles des deux côtés, afin de nous rendre compte de quel côté se fait la rupture, quand on fait agir sur ces combinaisons de l'amidure de sodium.

Nous poursuivons également l'étude de l'amidure de sodium sur les dicétones.

PARASITOLOGIE. — *Sur une hémogrégarine de* Tupinambis teguixin *L.* Note de MM. **A. Laveran** et **Salimbeni**.

Nous avons trouvé chez un grand Saurien de l'île du Governador (Brésil) une hémogrégarine qui nous paraît intéressante surtout par les altérations qu'elle provoque dans les hématies qu'elle envahit.

D'après les renseignements qui nous ont été très aimablement fournis par M. Lutz, directeur de l'Institut bactériologique de San Paolo, le Saurien en question est le *Teju teguixin* L. ou *Sauvegarde de Merian, Salvator merianæ* Dum. et Bibron ou *Tupinambis teguixin* L. [1], qui peut atteindre, d'après Brehm, la longueur de $1^m,50$. Dans la lettre récente où il nous donne la détermination de ce Saurien, M. Lutz nous dit avoir observé chez lui une hémogrégarine qui est vraisemblablement la même que celle qui fait l'objet de cette Note.

Nos préparations ont été recueillies en 1902 sur trois téjus provenant de l'île du Governador. Les préparations faites avec le sang recueilli pendant la vie sont très bonnes; les préparations faites avec la rate des animaux morts laissent beaucoup à désirer, parce que les cadavres des téjus étaient déjà en mauvais état quand l'autopsie a été faite; aussi nous n'avons pu étudier convenablement que les formes qui se trouvent dans le sang de la grande circulation.

Chez un des téjus, les hémogrégarines étaient nombreuses; dans une préparation de sang très mince, examinée avec l'oculaire 1 et l'objectif 1/16 de Verick, on trouvait parfois dans un même champ 6 ou 7 hématies parasitées.

Chez les deux autres téjus, les hémogrégarines étaient beaucoup plus rares.

Le sang desséché et fixé a été coloré par le procédé préconisé par l'un de nous (bleu de méthylène à l'oxyde d'argent-éosine; tanin).

A son premier stade de développement, l'hémogrégarine se présente sous la forme d'un vermicule endoglobulaire qui mesure 10^μ de long sur $2^\mu,5$ à 3^μ de large environ

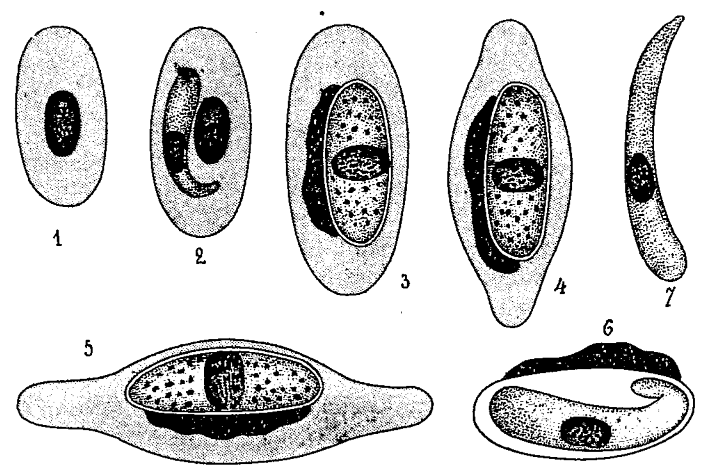
(1) Boulenger, *Catalogue of Lizards*, t. II, p. 336.

(*fig.* 2). L'une des extrémités du parasite est grosse, arrondie, l'autre est effilée et d'ordinaire un peu recourbée. Vers la partie moyenne du corps de l'hémogrégarine, on distingue un karyosome de forme allongée, le grand axe du karyosome se confondant avec celui du parasite. Le protoplasme se colore en bleu clair; il est homogène ou ne présente que de fines granulations. Le parasite ne paraît pas entouré par une capsule.

L'hématie parasitée est peu altérée à ce stade; elle est peu augmentée de volume; le protoplasme se colore comme celui des hématies normales; le noyau est en place ou légèrement refoulé.

La plupart des hémogrégarines qui sont arrivées à un stade plus avancé de leur développement se présentent sous l'aspect suivant.

Le parasite a la forme cylindrique avec des extrémités de même grosseur, arrondies (*fig.* 3, 4, 5); le grand axe du corps de l'hémogrégarine est presque toujours parallèle à celui de l'hématie. Les dimensions varient de 14^{μ} à 16^{μ} en longueur et de



1, hématie normale de *T. teguixin;* 2, jeune hémogregarine endoglobulaire; 3, 4, 5, grandes hémogrégarines dans des hématies altérées; 6, hémogrégarine sur le point de s'échapper de son kyste; il ne reste de l'hématie que le noyau hypertrophié et allongé; 7, une hémogrégarine libre. Grossissement : 1500 D environ.

5^{μ} à 6^{μ} en largeur. Vers la partie moyenne, on distingue un karyosome ovalaire, le grand axe de l'ovale étant perpendiculaire à celui du corps du parasite. Le karyosome est constitué par une agglomération de granulations ou de petits tractus de chromatine qui se colorent en violet. Le protoplasme se colore en bleu clair; il est semé de grosses granulations chromatophiles.

On distingue souvent un espace clair autour du parasite et, à la limite du protoplasme de l'hématie, une ligne fine plus colorée que ce protoplasme, qui correspond peut-être à une membrane kystique.

Les hématies parasitées subissent des altérations profondes. Elles augmentent beaucoup de volume; alors que les hématies normales du *T. teguixin* mesurent 15^{μ} à 16^{μ} de long sur 8^{μ} à 9^{μ} de large, les hématies parasitées atteignent souvent 25^{μ} à 28^{μ} de

long sur 14μ de large. Tantôt la forme générale est conservée (*fig.* 3), tantôt l'hématie est plus ou moins déformée. Souvent l'hématie s'étale irrégulièrement en embrassant les contours des hématies normales voisines; d'autres fois elle s'allonge et s'étire aux extrémités, comme l'indiquent les figures 4 et 5; les dimensions en longueur peuvent alors atteindre 35μ et davantage. Le protoplasme prend une teinte lilas clair qui diffère nettement de celle des hématies normales et qui est d'autant plus pâle que l'altération est plus avancée; on ne distingue pas de granulations chromatophiles. Les hématies étirées (*fig.* 4 et 5) ont une grande ressemblance avec les hématies d'oiseaux déformées par *Hæmamœba Ziemanni* (¹).

Il est évident que les hématies perdent l'élasticité qui, à l'état normal, leur permet de reprendre rapidement leur forme quand elles ont subi des déformations mécaniques, et que l'hémoglobine se raréfie et subit une altération qui modifie ses réactions colorantes; il y a souvent des plis longitudinaux à la surface des hématies parasitées, plus rarement des plis transversaux.

Le noyau des hématies parasitées s'hypertrophie, se déforme et subit des déplacements variés. D'ordinaire, le noyau refoulé latéralement reste accolé à un des grands côtés du parasite, comme l'indiquent les figures 3, 4 et 5; d'autres fois il est refoulé à l'une des extrémités, qu'il coiffe en s'étalant plus ou moins sur les grands côtés du parasite. Parfois, le noyau hypertrophié se divise en deux parties.

Nous avons rencontré des hémogrégarines libres en très petit nombre dans les préparations de sang. A cet état, le parasite a l'aspect d'un vermicule plus ou moins incurvé (*fig.* 7), arrondi à une de ses extrémités, effilé à l'autre; il mesure 20μ de long environ sur 3μ de large vers l'extrémité arrondie. Le protoplasme se colore en bleu clair par le procédé indiqué plus haut; il ne contenait pas de granulations chromatophiles dans les rares exemplaires que nous avons examinés. Vers la partie moyenne du corps de l'hémogrégarine, on distingue un karyosome de forme ovalaire constitué par une série de granulations de chromatine qui se colorent en violet.

Nous n'avons vu aucune forme de multiplication; ces formes devront être cherchées dans les frottis faits avec les viscères des téjus infectés, et notamment avec le foie et les reins.

Nous pensons que cette hémogrégarine constitue une espèce nouvelle; nous proposons de la désigner sous le nom de *H. tupinambis*.

HISTOLOGIE. — *Sur un épithélium à fibres musculaires striées.* Note de M. F. HENNEGUY.

La région du tube digestif des Bryozoaires ectoproctes, qu'on désigne généralement sous le nom d'*œsophage*, est caractérisée par un épithélium sur la structure duquel Davenport, en 1891, a appelé le premier l'atten-

(¹) A. LAVERAN, *Soc. de Biologie*, 18 octobre 1902 et 16 mai 1903.

tion (¹). Les cellules de cet épithélium sont claires et de forme prismatique ; elles ne renferment qu'une petite quantité de protoplasma située avec le noyau dans leur partie basilaire ; leur surface libre est bordée par un plateau cuticulaire assez épais ; leurs parties latérales présenteraient, suivant Davenport, une série de perforations faisant communiquer les cellules entre elles. Calvet (²), qui a étudié un grand nombre de Bryozoaires marins, a trouvé que les cellules œsophagiennes se présentent avec le même aspect dans toutes les espèces, mais il a reconnu qu'il n'y a pas de perforations sur les parois cellulaires, que celles-ci sont continues et possèdent, à des intervalles réguliers, des épaississements qui alternent régulièrement avec des parties plus minces. Suivant Calvet, l'œsophage ayant dans la digestion un rôle purement masticateur, ses cellules épithéliales se seraient différenciées en vue d'une action masticatrice ; elles se seraient renforcées par des épaississements de leur membrane, en même temps que les parties amincies de cette dernière leur conserveraient une certaine élasticité.

J'ai pu récemment examiner l'œsophage de deux espèces d'Ectoproctes, *Alcyonidium hirsutum* Flem. et *Bugula alveolata* J.-V. Thomson. Sur les coupes de pièces fixées par le liquide de Flemming, et après coloration par l'hématoxyline ferrique, j'ai constaté que les parois des cellules épithéliales de l'œsophage offrent une structure tout à fait remarquable et qui n'a encore été signalée, que je sache, dans aucun épithélium.

La coupe optique des parois cellulaires ne montre, comme l'a décrit et figuré Calvet, que des épaississements fortement colorés, alternant régulièrement avec des espaces clairs ; mais si l'on examine la surface entière d'une des parois, on voit que celle-ci présente une série de bandes parallèles, perpendiculaires au grand axe de la cellule, fortement colorées, toutes de même hauteur et séparées par un espace clair dont le milieu est occupé par une ligne colorée. L'aspect de la paroi cellulaire est identique à celui d'une fibre musculaire striée, avec ses disques anisotropes et ses disques isotropes traversés par la raie Z. De même que la fibre musculaire peut être décomposée en fibrilles, la paroi de la cellule épithéliale se montre souvent décomposée, en partie ou en totalité, en fibrilles moniliformes, dont les grosses granulations allongées correspondent aux disques épais, et les petites granulations à la raie Z (*fig.* 1). Les fibrilles musculaires des tentacules (dont l'existence est niée à tort par Calvet) ont le même aspect que celles des parois des cellules épithéliales ; elles sont seulement un peu plus

---

(¹) C.-B. Davenport, *Observations on Budding in Paludicella and some other Bryozoa* (*Bull. Mus. comp. Zool. at Harvard College*, t. XXII, 1891).

(²) L. Calvet, *Contribution à l'histoire naturelle des Bryozoaires ectoproctes marins* (*Thèse de Montpellier*, 1900).

grosses. Il en est de même des fibres musculaires circulaires qui entourent l'œsophage et qui sont également striées (*fig.* 3, M*a*).

Les fibrilles musculaires de l'épithélium œsophagien sont situées à la face interne de la cellule, comme le montrent les coupes tangentielles de l'organe, intéressant la couche épithéliale. On voit sur ces coupes un réseau polygonal, formé par les parois cellulaires et la substance cémentaire qui les réunit, dont les mailles correspondent aux cavités cellulaires. C'est sur les bords de ces cavités que se trouvent les lignes ou les points fortement colorés représentant les coupes des disques épais ou de la raie Z (*fig.* 3).

L'épithélium spécial de l'œsophage se continue, d'une part, avec l'épithélium cilié du pharynx, d'autre part, avec l'épithélium glandulaire de l'estomac. Dans la région de passage de l'œsophage au pharynx, on trouve quelques rangées de cellules ciliées dont le cytoplasma occupe toute la hauteur de la cellule, et dont les parois renferment quelques fibrilles striées (*fig.* 2, A). Les cellules du pharynx en sont complètement dépourvues (*fig.* 2, CC).

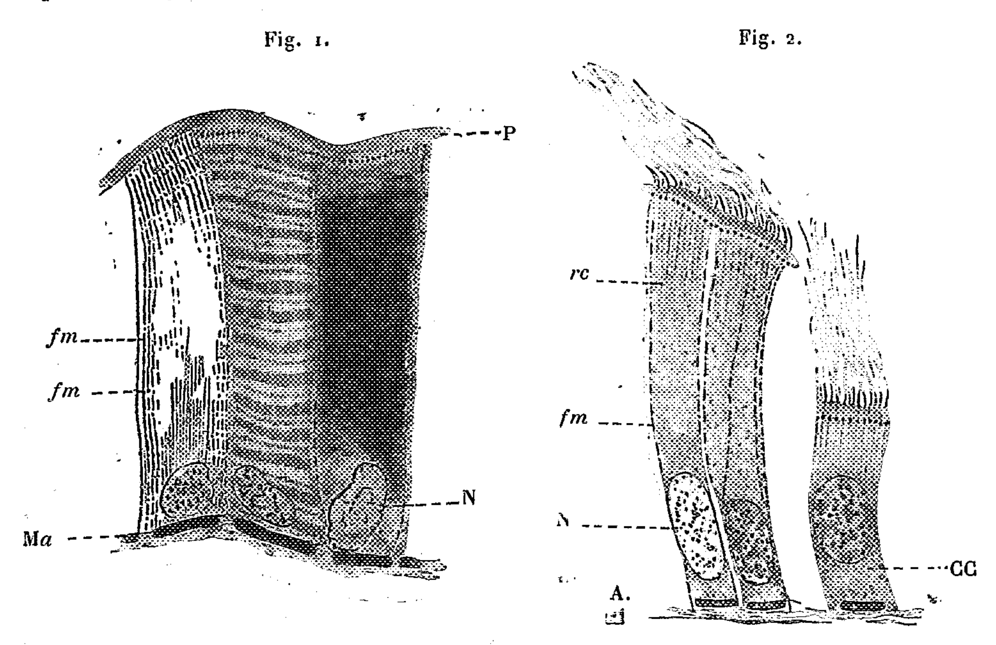


Fig. 1. — Cellules épithéliales de l'œsophage de l'*Alcyonidium hirsutum* : N, noyau; P, plateau cuticulaire; M*a*, muscle annulaire; *fm*, fibrilles musculaires.

Fig. 2. — Cellules ciliées de la région pharyngienne : A, cellules ciliées à fibrilles musculaires; CC, cellule ciliée pharyngienne; *rc*, racines ciliaires.

On connaît depuis longtemps les cellules épithélio-musculaires des Cœlentérés découvertes par Kleinenberg et étudiées par un grand nombre d'auteurs. A leur base, se différencient des fibre contractiles, dépourvues de striation, dont l'ensemble constitue la couche musculaire comprise entre l'ectoderme

et l'endoderme. D'autre part, on a décrit dans beaucoup de cellules épithéliales des fibrilles, situées soit dans le corps cytoplasmatique, soit à la périphérie, qu'on considère comme des filaments protoplasmiques différenciés en fibres de soutien, constituant une sorte de squelette de la cellule et lui donnant une certaine rigidité (tonofibrilles de M. Heidenhain). Enfin, Wera Polowzow [1] a décrit, dans l'épithélium de la poche pharyngienne du Lombric, des fibrilles que l'auteur considère comme douées de contractilité, mais qui sont isolées et ne présentent aucune striation.

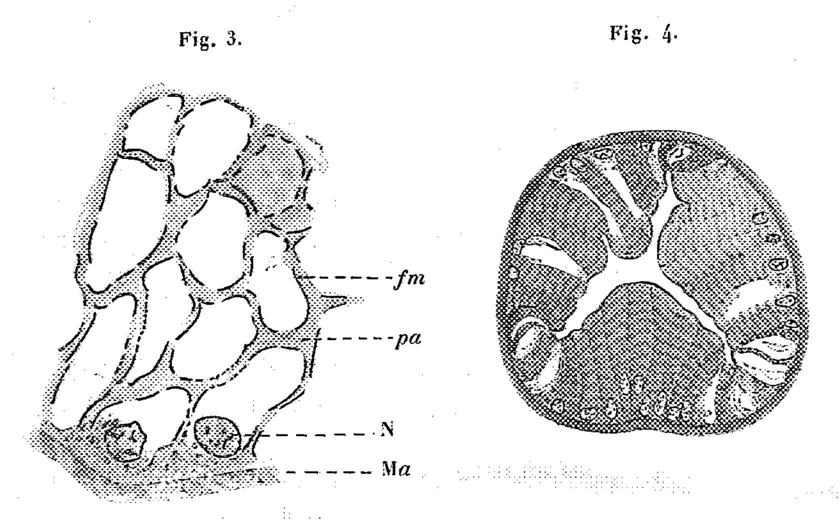


Fig. 3. — Coupe transversale des cellules œsophagiennes : *pa*, parois cellulaires.
Fig. 4. — Coupe transversale de l'ensemble de l'œsophage.

Les cellules œsophagiennes des Bryozoaires ne peuvent être rangées dans aucune des catégories des cellules épithéliales actuellement connues. Ce sont des éléments qui dérivent des cellules ciliées, comme le prouve la forme de passage qui existe à l'union du pharynx et de l'œsophage. Ces éléments se sont différenciés en se spécialisant au point de vue fonctionnel et en même temps au point de vue structural. Comme le fait observer Calvet, ils jouent un rôle purement mécanique et servent à broyer les aliments (Diatomées, Foraminifères) ingérés dans l'œsophage; pour cela, ils doivent présenter une certaine rigidité et conserver en même temps leur élasticité. On pourrait concevoir leur fonctionnement de la manière suivante :

---

(1) Wera Polowzow, *Ueber kontraktile Fasern in einer Flimmerepithelart und ihre funktionnelle Bedeutung* (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. LXIII, 1904).

Chaque cellule est remplie d'un liquide probablement très aqueux, car on n'en trouve plus trace sur les pièces fixées, et l'intérieur de la cellule paraît vide. Sa surface libre est limitée par un plan résistant, le plateau cuticulaire, auquel s'insèrent les fibrilles musculaires. Lorsque les parois cellulaires se contractent, le plateau tend à se rapprocher de la base de la cellule; celle-ci s'aplatit et s'élargit. Mais, d'autre part, les fibres musculaires annulaires qui entourent l'œsophage exercent, en se contractant, sur l'ensemble de l'épithélium, une pression qui comprime les cellules les unes contre les autres et tend à les allonger. Le liquide contenu dans chaque cellule est donc soumis à des pressions exercées dans tous les sens; la cellule devient turgescente sans se déformer et acquiert une rigidité suffisante pour agir comme corps dur vis-à-vis des substances ingérées.

L'existence de fibrilles musculaires striées dans les parois de cellules épithéliales est un fait curieux par sa nouveauté et qui intéresse la Biologie générale. Il me paraît s'accorder mal avec la théorie de la spécificité cellulaire et constitue un exemple remarquable de mécanomorphose.

SISMOLOGIE. — *Appareil pour enregistrer l'accélération absolue des mouvements sismiques.* Note de M. G. Lippmann.

Aucun des sismographes en usage n'enregistre les déplacements absolus du sol, c'est-à-dire les déplacements x comptés à partir d'un point fixe, car aucun de ces instruments ne contient un point fixe; on ne sait pas réaliser un support qui demeure immobile pendant que le sol tremble. On n'enregistre donc que des déplacements relatifs : les déplacements du sol par rapport à la masse mobile d'un pendule, lequel oscille à partir du début du mouvement sismique.

Si l'on ne peut enregistrer le déplacement absolu x, il paraît cependant possible d'enregistrer la dérivée seconde x'', l'accélération absolue du mouvement sismique x''. Le but de la présente Note est de décrire un appareil destiné à cet enregistrement.

Considérons un pendule sismique, horizontal ou vertical. Soit u son élongation par rapport au sol. Quand le sol est immobile, le pendule peut exécuter des oscillations amorties qui satisfont à l'équation

$$u'' + au' + bu = 0, \qquad (1)$$

dans laquelle u' et u'' sont les dérivées première et seconde de u, a et b des coefficients constants.

J'ai démontré autrefois que, quand le sol se déplace avec une accélération x'', on avait

$$u'' + au' + bu = -x''. \tag{2}$$

Cette équation indique directement la solution du problème.

On voit que, la grandeur à inscrire x'' étant égale à la somme des trois termes qui figurent au premier membre, le problème est ramené à construire un appareil qui réalise cette somme.

Munissons le pendule d'une lentille qui projette sur un papier sensible l'image d'un point lumineux P. Si le point P était immobile, son image subirait des déplacements simplement proportionnels à ceux de la lentille, c'est-à-dire à u; nous ne ferions qu'inscrire u, comme dans les sismographes en usage. Mais le point P est mobile ; ce point est pris sur le fil d'un galvanomètre à corde G, et dans ce galvanomètre peut circuler un courant dont la force électromotrice est égale à la somme d'un terme en u' et d'un terme en u''. Dès lors, le déplacement de l'image de P sur le papier sensible est égal à la somme de trois termes respectivement proportionnels à u, à u' et à u''. Il faut, de plus, que les coefficients de ces trois termes soient proportionnels à ceux du trinome

$$u'' + au' + bu.$$

Le déplacement des bobines qui sont le siège des courants induits permet de faire varier ces coefficients d'une manière continue.

Comment reconnaît-on que le réglage est obtenu, c'est-à-dire que la déviation du point lumineux est proportionnelle à la valeur du trinome? En faisant osciller le pendule librement, c'est-à-dire en dehors de tout réseau : la déviation du point lumineux doit être nulle dans ce cas, en vertu de l'équation (1). En d'autres termes, l'appareil est alors insensible aux oscillations propres de la masse pendulaire; il n'inscrit que l'action des forces perturbatrices, telles que celles des séismes, et sa déviation mesure alors, en vertu de l'équation (2), l'accélération du mouvement du sol.

Remarque. — En produisant une série de courants induits des premier, deuxième, $n^{\text{ième}}$ ordres dans des bobines en série, on enregistrerait de même toutes les valeurs d'un polynome

$$A\frac{\partial^n u}{\partial t^n} + B\frac{d^{n-1} u}{dt^{n-1}} + \ldots.$$

Le cas de bobines fixes correspond au cas de coefficients A, B, ... constants. En rendant les bobines mobiles, c'est-à-dire en les reliant mécaniquement à l'aimant, on réaliserait le cas de coefficients fonctions de u.

Je rappellerai que M. Henri Abraham a déjà utilisé les courants induits proportionnels à u' et à u'' pour la construction de son rhéographe inscripteur; d'autre part, M. le Prince Galitzine a utilisé lesc ourants du premier ordre pour son sismographe à transmission électrique.

PALÉONTOLOGIE. — *L'évolution des Mammifères tertiaires; importance des migrations. Epoque pliocène.* Note de M. **Charles Depéret.**

Je terminerai l'étude des migrations des Mammifères tertiaires d'Europe (*Comptes rendus*, 6 nov. 1905, 12 mars et 24 déc. 1906) par celles des temps pliocènes.

D. Faunes pliocènes. — I. *Pliocène ancien*, comprenant les étages *plaisancien* et *astien*.

a. A l'*extrême base du Plaisancien* appartiennent les gisements des couches saumâtres à Congéries de Casino (Toscane) et probablement ceux des lignites d'Alcoy (Espagne) et de Gravitelli (Sicile); peut-être aussi des lignites de Bareth-Kopecz (Hongrie).

b. Du *Plaisancien marin* datent quelques rares gisements : Millas et Banyuls-les-Aspres (Roussillon); *nodule-beds* de la base du Crag corallin et du Crag rouge d'Angleterre : Sutton, Felixstow, etc.; graviers scaldisiens des nouveaux docks d'Anvers (Belgique); marnes bleues de Castrocaro (Émilie).

A la même époque appartiennent les gîtes d'eau douce suivants : marnes ligniteuses du Val d'Arno supérieur, des bassins de Barga et du Serchio (Toscane), de Spoleto (Ombrie); marnes du tunnel de Collonges (Rhône); sables de Sermenaz et de Condal, marnes de Villard-de-Domsure et de Beaupont (Bresse); minerais de fer de la Haute-Bresse : Drambon, Saint-Seine, Chavigny, Fauverny, Tillenay (Côte-d'Or), Autrey, Gray, Montureux, Petite-Résie, Mont-le-Frasnois, Arc, Valay (Haute-Saône); marnes d'Hauterive (Drôme).

c. A l'*Astien marin* se rapportent les gîtes : des sables de Montpellier; des sables jaunes de Riosto, San Pietro, Rio Badalo (Bolonais), de Monte Zago, près Imola (Modenais), d'Empoli, de Monte Follonico (Toscane); du Crag rouge de Suffolk (Angleterre). Du même étage sont les gisements d'eau douce : des marnes du palais de justice à Montpellier, des limons du Roussillon (Perpignan, Saint-Estève, le Solar, Elne, Villeneuve-la-Raho, Thuir, Millas); de Saint-Palais, près Pézenas (Hérault); de Saint-

Laurent-des-Arbres (Gard), des Vans (Ardèche), des sables de Lens-Lestang (Drôme), des sables du tunnel de Collonges et de Saint-Germain-au-Mont-d'Or (Rhône), de Trévoux, de Montmerle, de Régnieux, de Pont-de-Vaux (Ain); de Névy, près Dôle (Jura); de Sarria, près Barcelone (Espagne); et probablement d'Ajuacsko et de Bribir (Hongrie), de Fulda, Friederichsrode, Rippersrode (Allemagne). Une très faible part du sidérolithique de Souabe appartient au même horizon, ainsi que la faune des fentes de rochers de Palumbara-Marcellina, près Rome (¹).

La faune de Mammifères de ces trois horizons paraît assez uniforme. Elle présente les caractères suivants :

1° *Évolution sur place.* — Suite des Équidés (*Hipparion*), des Tapiridés (*Tapirus*), de quelques Rhinocéridés (*Atelodus*), des Suidés (*Sus*), des Cervidés (*Capreolus*), des Antilopidés (*Palæoryx, Gazella*), des Proboscidiens (*Mastodon*), des Castoridés (*Castor*, premiers *Trogontherium*), des Hystricidés (*Hystrix*), des Cricétidés (premiers *Cricetus*), des Muridés (premiers *Mus*), des Léporidés (*Lepus*), des Lagonydés (*Prolagus*), des Soricidés (*Crocidura*), des Canidés alopécoïdes (*Vulpes*), des Ursidés (premiers *Ursus*, derniers *Hyænarctos*), des Lutridés (*Lutra*), des Viverridés (*Viverra*), des Hyænidés (*Hyæna*), des Félidés (*Machairodus, Caracal, Felis*), des Singes Catarrhiniens (*Dolichopithecus*).

2° *Migration d'origine africaine* de quelques Suidés (*Potamochœrus*), des Cténodactylidés (*Ruscinomys*) et de quelques Singes Catarrhiniens (*Macacus*).

3° Migration d'origine asiatique des Hippopotamidés (*Tetraprotodon*), de plusieurs Cervidés (*Axis, Polycladus, Dama*) et de Singes Catarrhiniens (*Semnopithecus*).

4° Migration d'origine nord-américaine (par l'Asie) des Procyonidés (*Paradilurus*).

5° Migration d'origine inconnue des Arvicolidés (*Arvicola, Trilophiomys*).

II. *Pliocène récent* ou supérieur, subdivisible en deux sous-étages : *Villafranchien* et *Saint-Prestien*.

a. Villafranchien (de Villafranca d'Asti, Piémont). — *Gisements marins* (²) : en Italie, Montopoli, Lari, San-Regalo, Peccioli, Fauglia, Cerreto-Guidi, San-Miniato, Terriciola (Toscane), Val de Pugna et San-Gimignano, près Sienne ; sables de Monte-Mario et du Janicule à Rome; Mormanno, Cassino, Capo Stilo, Ortona, Potenza (Italie du Sud); mammaliferous,

(¹) Cette faune inédite que j'ai pu étudier à l'Université de Rome, grâce à l'obligeance de M. le professeur Portis, comprend : *Potamochœrus provincialis, Gazella, Machairodus;* c'est la première indication un peu nette de la *faune de Montpellier* en Italie.

(²) Il est possible qu'une partie de ces gîtes marins du Pliocène supérieur appartienne au sous-étage suivant, mais la distinction est impossible à établir pour les gisements à faune restreinte.

Crag de Norwich (Dunwich, East-Bavent, Yarn-Hill, Aldeby); Andimachia (île de Cos).

A cette époque se rapportent les gîtes fluvio-terrestres : de Perrier, Ardé (Puy-de-Dôme), de Vialette, des sables à Mastodontes du Puy, de la Malouteyre, du Coupet (Haute-Loire), des sables et graviers de Chagny, Comblanchien, Perrigny, Chorey-Grigny, Serrigny, Corgoloin, Cheilly, Pomard (Bresse), de Saint-Didier-au-Mont-d'Or et de Rochecardon (Rhône), du château de Coussergues (Hérault), des couches saumâtres et d'eau douce de l'Astisan (Dusino, Cinaglia d'Asti, Monte Castello, etc.), du *sausino* du Val d'Arno supérieur, du bassin de Florence (cimetière évangélique, villa Fenzi, Sangagio), d'Olivola, du Val de Sieve, du bassin de Barga, de Castelnuovo di Garfugnana (Toscane), des couches à Paludines supérieures de Podvinj (Slavonie) et de Craiova (Roumanie).

Ce sous-étage est essentiellement caractérisé par la coexistence des derniers Mastodontes avec les premiers Éléphants (*E. meridionalis*) et par la migration en Europe du genre *Equus* (*E. Stenonis*) et des Bovidés (*Bos elatus*).

b. Saint-Prestien (des graviers de Saint-Prest, près Chartres). — Aucun gisement marin bien authentique. Nombreux gîtes fluviaux terrestres : forest-bed de Cromer (Angleterre), graviers de Saint-Prest (Eure-et-Loir) et de Bicêtre, près Paris; marnes et sables de Chalon-Saint-Cosme (Bresse), fentes sidérolithiques du Narcel-au-Mont-d'Or (Rhône); graviers de Malbattu, les Peyrolles, Tormeil, Saint-Yvoire, Montaigut (Puy-de-Dôme); graviers basaltiques de Sainzelles, Ceyssaguet, Senèze (Haute-Loire); bassin de Durfort (Gard); graviers de Fontès (Gard); graviers basaltiques du Riège (Hérault); graviers et tufs de la Viste, près Marseille; Tarrasa (Catalogne); tufs de Condeixa (Portugal); graviers de Leffe (Lombardie); graviers et tufs volcaniques des environs de Rome (Monte-Sacro, San-Carlo, Ponte-Molle, San-Paolo, Rio-Freddo, Ponte-Verde, Belladona, Ripetransina); Isoletta, Roccaseca (Italie du Sud).

Ce sous-étage est surtout caractérisé par la disparition du Mastodonte et par la prédominance de l'*Elephas meridionalis* et de l'*Hippopotamus major*.

Pour l'ensemble du Pliocène récent, les faits d'évolution et de migration sont les suivants :

1° *Évolution sur place :* suite des Tapiridés (derniers *Tapirus*), des Rhinocéridés (*Cœlodonta*), des Suidés (*Sus*), des Hippopotamidés (*Hexaprotodon*), des Cervidés (*Capreolus, Axis, Polycladus, Dana*), des Antilopidés (*Palæoryx, Gazella*), des Proboscidiens (derniers *Mastodon*), des Castoridés (*Castor, Trogontherium*), des

Hystricidés (*Hystrix*), des Arvicolidés (*Arvicola*), des Léporidés (*Lepus*), des Lagomydés (*Prolagus*), des Myogalidés (*Myogale*), des Talpidés (*Talpa*), des Canidés alopécoïdes (*Vulpes*), des Ursidés (*Ursus*), des Mustélidés (*Putorius*), des Lutridés (*Lutra*), des Hyænidés (*Hyæna*), des Félidés (*Machairodus, Caracal, Felis*), des Singes Catarrhiniens (*Macacus*).

2° *Migrations asiatiques* d'Équidés (*Equus*), de Cervidés (*Alces*), d'Antilopidés (*Tragelaphus*), des Ovidés (*Caprovis*), des Bovidés (*Leptobos*), de Proboscidiens (*Elephas*) et des Canidés thooïdes (*Canis*).

J'examinerai dans une dernière Note les migrations des temps pléistocènes.

M. **Appell**, en faisant hommage à l'Académie de la deuxième édition du Tome III de son *Traité de Mécanique rationnelle* (*Équilibre et mouvement des milieux continus*), s'exprime comme il suit :

Dans cette nouvelle édition, les parties classiques ont été peu modifiées. L'historique de la théorie de l'équilibre des corps flottants a été complété par quelques indications sur le Mémoire génial de Christian Huygens *De iis quæ liquido surpernatant* (T. XI des *OEuvres de Huygens* et *Notes de M. Korteweg*). Le paragraphe relatif à l'étude des discontinuités dans les fluides a été rédigé d'une façon plus satisfaisante. La théorie de l'élasticité a été complétée par le théorème de réciprocité de Betti, puis par l'indication sommaire des recherches nouvelles les plus importantes de divers auteurs et en particulier des travaux de MM. E. et F. Cosserat sur le problème de Barré de Saint-Venant et la théorie des corps minces.

Mais ce qui fait l'intérêt de ce nouveau Volume, c'est la Note si remarquable *Sur la théorie de l'action euclidienne* que MM. E. et F. Cosserat ont bien voulu rédiger. Cette Note se trouve à sa place naturelle à la fin d'un Traité dans lequel la Mécanique est exposée, comme il est nécessaire pour une première étude, sous une forme expérimentale et inductive : elle a pour but de rattacher les différentes théories de la Mécanique à un concept général unique, dont elles découlent par voie déductive et qui constitue un instrument permettant de nouvelles découvertes.

On sait que deux grandeurs dominent la Mécanique moderne : l'*énergie* qui dépend de la différence $T - U$ et l'*action* qui s'exprime à l'aide de la somme $T + U$. MM. E. et F. Cosserat se sont attachés à la notion d'action, dont l'importance résulte des théories d'Hamilton et d'Helmholtz; ils ont

réussi à faire faire à ces théories un nouveau et important progrès, en dégageant ce qui est fondamental dans le concept qu'elles contiennent et en établissant une *définition directe* de l'action, dont la forme peut être transportée dans tous les domaines de la Philosophie naturelle. Leur point de départ est cette remarque que l'*action,* telle que Maupertuis l'a introduite, est *invariante dans le groupe des déplacements euclidiens :* ce même caractère se retrouve dans la statique des corps déformables, qui repose sur la considération du ds^2 de l'espace; dans la Physique, la théorie des phénomènes dus à la gravitation, à la chaleur et à l'électricité dépend, comme l'ont montré les premiers Laplace, Fourier et Maxwell, de l'étude de paramètres différentiels, qui sont également des invariants dans le groupe des déplacements. M. H. Poincaré a écrit que la notion de groupe préexiste dans notre esprit au moins en puissance, et s'impose à nous, non comme forme de notre sensibilité, mais comme forme de notre entendement. Suivant cette idée philosophique, la Mécanique rationnelle et la Physique théorique doivent avoir un fondement analogue à celui de la Géométrie, et il est naturel de chercher à les construire sur la notion unique d'*action euclidienne.*

C'est ce que MM. E. et F. Cosserat ont fait dans leur Note, à l'égard des questions qui rentrent dans le cadre habituel de la Mécanique. Ils ont ouvert ainsi à la critique des principes sur lesquels repose cette partie de la Science, dans sa forme classique, une voie nouvelle dont l'intérêt est actuellement manifeste. En même temps, ils ont pu faire entrer d'une manière plus complète, dans le champ de la recherche rationnelle, les problèmes de la déformation des corps posés au siècle dernier par la grande école française de Physique mathématique. Leur méthode les conduit, par une voie régulière, aux diverses questions de Statique et de Dynamique concernant la ligne déformable, la surface déformable, le milieu déformable, avec tous les cas particuliers considérés en Géométrie et en Mécanique.

Je suis heureux d'adresser ici tous mes remercîments à MM. E. et F. Cosserat, pour l'amabilité qu'ils ont eue de publier leur beau travail à la fin de mon *Traité de Mécanique.*

M. **Émile Fischer** fait hommage à l'Académie de ses *Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente* (1884-1908).

PRÉSENTATIONS.

M. le **Ministre de l'Intérieur** invite l'Académie à lui présenter une liste de trois de ses membres, sur laquelle il désignera celui qui sera appelé à siéger, pour trois ans, au Conseil supérieur d'Hygiène publique de France.

L'Académie, conservant les présentations précédentes, désigne :

En première ligne . . . . M. E. **Roux**

En seconde ligne, par ordre alphabétique . . . . { MM. **Dastre**, **Laveran**

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Peron*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 41,

M. W. Kilian obtient. . . . . 39 suffrages
M. G. Friedel » . . . . 1 »

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **W. Kilian**, ayant réuni la majorité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Zirkel**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

Au moment de quitter le monde civilisé et de commencer réellement l'expédition qu'il a entreprise au pôle Sud, M. **Jean Charcot** écrit à l'Académie, de Punta Arenas, le 11 décembre, pour la remercier de l'intérêt qu'elle a toujours porté à cette expédition.

Un programme des recherches qu'il a l'intention d'entreprendre est joint à la lettre du Dr Charcot.

L'**Université de Leipzig** invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes du 500e anniversaire de sa fondation, qui auront lieu du 28 au 30 juillet 1909.

M. **P.-A. Dangeard** prie l'Académie de le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Botanique, par suite de l'élection de M. *Ph. van Tieghem* aux fonctions de Secrétaire perpétuel.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le Tome XXXVII des *Travaux du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France*, publié par la Direction de l'Assistance et de l'Hygiène publiques, au Ministère de l'Intérieur.

2° La première Partie du Tome IV des *Skrifter af Carl von Linne*, utgifna af Kungl. Svenska Vetenskapsakademien.

3° Diverses Brochures de MM. J. Kunckel d'Herculais et F.-J.-M. Heylaert relatives à *Chalia Künckelii* Heylaerts et à son parasite *Monodontomerus Phormio* Walker. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

M. **André Mayer**, en son nom et en celui de son regretté collaborateur *Henri Lamy*, adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Discussion des mesures micrométriques faites à l'Observatoire de Lyon pendant l'éclipse du* 28 *juin* 1908. Note de M. **F. Merlin**.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie les résultats de la discussion des mesures d'angles de position effectuées à l'Observatoire de Lyon lors de l'éclipse de Soleil du 28 juin 1908.

Trois séries avaient été effectuées simultanément par MM. Guillaume, Luizet et Merlin. MM. Guillaume et Merlin observaient avec des équatoriaux de $0^m,18$ d'ouverture par projection sur un écran disposé de façon à donner une image solaire de $0^m,20$ de diamètre. M. Luizet observait directement à l'équatorial coudé (ouverture $0^m,32$, diaphragmée à $0^m,15$; grossissement 365).

Les mesures de MM. Guillaume et Merlin comprenaient les angles de position et les cordes; celles de M. Luizet ne s'adressaient qu'aux angles de position. Je ne m'occupe ici que des angles de position.

Chacune des séries a pu fournir deux équations normales relatives aux corrections $\Delta\alpha$ et $\Delta\delta$ à apporter aux différences d'ascension droite et de déclinaison de la Lune et du Soleil, en fonction de la correction $\Delta\varpi$ à la parallaxe lunaire. On obtient ainsi les trois groupes:

$$(A)\qquad \begin{cases} \Delta\alpha = +7'',1 + 0'',8\,\Delta\varpi \pm 0'',4, \\ \Delta\delta = -2'',4 + 0'',6\,\Delta\varpi \pm 1'',2, \end{cases}$$

$$(B)\qquad \begin{cases} \Delta\alpha = +7'',5 + 0'',8\,\Delta\varpi \pm 0'',3, \\ \Delta\delta = -4'',3 + 0'',6\,\Delta\varpi \pm 0'',9, \end{cases}$$

$$(C)\qquad \begin{cases} \Delta\alpha = +6'',7 + 0'',8\,\Delta\varpi \pm 0'',5, \\ \Delta\delta = -2'',9 + 0'',6\,\Delta\varpi \pm 1'',5, \end{cases}$$

correspondant aux séries Guillaume (A), Luizet (B), Merlin (C).

En tenant compte des poids relatifs, on conclut finalement :

$$(I)\qquad \Delta\alpha = +7'',2 + 0'',8\,\Delta\varpi \pm 0'',3,$$

$$(II)\qquad \Delta\delta = -3'',1 + 0'',6\,\Delta\varpi \pm 0'',7.$$

Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux déduits de l'éclipse de 1905.

Le 30 août 1905, les observations de Tortosa et de Lyon avaient conduit aux corrections :

$$(III)\qquad \Delta\alpha = +6'',2 \pm 0'',1,$$

$$(IV)\qquad \Delta\delta = -3'',4 \pm 0'',2.$$

Ces corrections semblent mériter une confiance justifiée par la grandeur de l'erreur probable et leur accord satisfaisant avec les corrections déduites d'observations méridiennes.

ASTRONOMIE. — *Sur une lunette zénithale photographique.* Note de M. **A. de la Baume Pluvinel**, présentée par M. B. Baillaud.

L'instrument dont il s'agit est destiné à déterminer les coordonnées astronomiques du lieu où l'on opère.

La latitude se déduit de la distance zénithale d'une étoile mesurée sur un

cliché; la longitude résulte de la connaissance de l'heure à laquelle l'étoile occupe, sur le cliché, une certaine position correspondant au passage au méridien.

Un objectif est placé à l'extrémité supérieure d'un tube vertical; sa face postérieure est plane et est rendue sensiblement horizontale à l'aide de vis calantes; l'horizontalité est constatée à l'aide d'un niveau. Au-dessous de l'objectif, à une distance égale à la moitié de sa distance focale F, se trouve un bain de mercure. Dans ces conditions, une étoile, dont la distance zénithale au moment de sa culmination z_1 est inférieure à la moitié de l'ouverture angulaire de l'objectif, formera son image en un point S_1 de la face postérieure de cet objectif. Si N est la projection du point nodal arrière de l'objectif sur sa face postérieure, et si Δ_1 est la distance du point S_1 au point N, on aura

$$\operatorname{tang} z_1 = \frac{\Delta_1}{F}.$$

De même, pour une autre étoile,

$$\operatorname{tang} z_2 = \frac{\Delta_2}{F}.$$

D'autre part, si δ_1 et δ_2 sont les déclinaisons des deux étoiles, et si l'une des étoiles culmine au Nord et l'autre au Sud, on aura

$$z_1 + z_2 = \delta_1 - \delta_2.$$

Des trois relations ci-dessus on tire

$$\sin(z_1 - z_2) = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\Delta_1 + \Delta_2} \sin(\delta_1 - \delta_2).$$

Les valeurs de z_1 et z_2 sont ainsi données par leur somme et leur différence.

Pour mesurer Δ_1 et Δ_2, on fixe, presque en contact avec la face postérieure de l'objectif, une plaque sensible étroite, un peu plus longue que le diamètre de l'objectif et occupant un segment central de cet objectif; la face sensible de la plaque est en regard de l'objectif. Si le grand côté de la plaque est orienté suivant le méridien, toutes les étoiles dont l'image se formera sur la face postérieure de l'objectif, et qui seront suffisamment intenses, laisseront, sur la plaque sensible, une traînée parallèle au petit côté de la plaque. D'autre part, on a argenté la partie de la face postérieure de l'objectif qui se trouve en regard de la plaque sensible, et l'on a tracé, sur l'argenture, un réseau rectangulaire.

En éclairant ce réseau par une source lumineuse placée au-dessus de l'objectif, à son

foyer principal, on impressionne sur la plaque sensible l'image du réseau. On aura donc, sur le cliché développé, l'image du réseau et l'image de la traînée laissée par l'étoile. Si l'on a déterminé, une fois pour toutes, les coordonnées du point N par rapport au réseau, on pourra mesurer, sur le cliché, les distances Δ_1 et Δ_2 du point N aux traînées des étoiles, ces traînées pouvant se trouver sur le même cliché ou sur des clichés différents. Les coordonnées du point N sont nécessairement fixes, car le point N et le réseau sont liés invariablement au verre de l'objectif. L'abscisse du point N se détermine en mesurant la distance des deux traînées d'une même étoile obtenues en orientant l'objectif de manière que l'extrémité A du réseau soit dirigée, d'abord vers le Nord, puis vers le Sud. L'ordonnée s'obtient de même, le point A du réseau étant dirigé, d'abord vers l'Est, puis vers l'Ouest.

En employant la méthode que nous avons indiquée pour calculer les distances zénithales z_1 et z_2 de deux étoiles, il n'est pas nécessaire de connaître la distance focale F de l'objectif, il suffit que cette distance soit la même au moment de chacune des observations. Pour être assuré de la constance de la distance focale, une tige en invar guidée par des glissières est disposée verticalement dans le tube de la lunette; l'une de ses extrémités presse contre la face postérieure de l'objectif, tandis que l'autre extrémité, terminée en pointe, affleure la surface du mercure.

En calculant simultanément les distances zénithales des deux étoiles, on évite aussi d'avoir à tenir compte de la déviation que les rayons, qui concourent à former l'image de l'étoile, éprouvent en se réfractant dans le verre de la plaque photographique. On est dispensé également de faire intervenir la dilatation du verre de la plaque dans le cas où le cliché est mesuré à une température différente de celle à laquelle il a été obtenu.

Pour déterminer l'heure locale, on couvre et l'on découvre rapidement l'objectif à des instants bien déterminés, de manière à produire des interruptions dans la traînée d'une étoile. Deux séries d'interruptions, faites à quelques minutes d'intervalle, font connaître la vitesse de déplacement de l'image de l'étoile sur sa traînée. D'autre part, en menant du point N une normale à la traînée, on a la trace du méridien sur la plaque. L'intersection de cette normale avec la traînée donne le point occupé par l'image de l'étoile au moment du passage au méridien; il ne reste plus qu'à calculer l'heure où l'image de l'étoile atteint ce point, connaissant, d'une part, l'heure à laquelle l'image se trouve en un autre point et, d'autre part, la vitesse de son déplacement.

Les phénomènes de diffraction produits par la présence du réseau et de la plaque photographique en travers de l'objectif ont pour effet d'allonger les images des étoiles parallèlement au petit côté de ce réseau. Il en résulte qu'en orientant l'objectif de manière que le réseau soit parallèle au méridien, on aura des traînées fines, se prêtant à une mesure précise de la distance zénithale; au contraire, en orientant le réseau dans le premier vertical, les extrémités des interruptions seront très nettes et donneront l'heure locale avec exactitude.

Dans l'instrument construit par M. Gautier, l'objectif a $0^m,10$ de diamètre et $1^m,47$ de distance focale. Le réseau occupe, sur la face postérieure de l'objectif, une bande de $0^m,02$ de largeur s'étendant sur toute la longueur d'un diamètre. Lorsque l'objectif travaille à toute ouverture, les étoiles de grandeur 5,5 donnent, sous nos latitudes, des traînées suffisamment intenses pour être photographiées. Le champ de l'instrument est de 2° de part et d'autre du zénith. Un arc de 1″ est représenté sur la plaque photographique par une longueur de $7^\mu,1$; et, en 1 seconde de temps, sous la latitude de 45°, l'étoile se déplace sur la plaque de $75^\mu,6$. Étant donnée la précision avec laquelle on peut faire les pointés, la latitude peut être déterminée à 0″,3 près, et l'heure locale à 0,1 seconde près.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un problème concernant les lignes géodésiques.* Note de M. **Jules Drach.**

Il s'agit ici de diverses extensions du problème, posé et résolu par Beltrami, relatif à la *recherche des surfaces dont les lignes géodésiques sont représentables par des droites du plan.* (On sait que les surfaces à courbure totale constante satisfont seules à cette condition.)

I. Des généralisations qui s'offrent d'elles-mêmes consistent à *rechercher les éléments linéaires dont les géodésiques sont représentables sur le plan :*

1° *Par des courbes égales;*

2° *Par des courbes semblables;*

3° *Par des coniques.*

La troisième question est de beaucoup la plus difficile. J'ai pu résoudre complètement la première.

II. Une généralisation un peu moins immédiate conduit à *trouver les éléments linéaires pour lesquels les lignes géodésiques font partie d'un système linéaire à trois paramètres;* j'entends par là que leur équation finie a la forme

$$A(u, v) + B(u, v)\lambda + C(u, v)\mu + D(u, v)\nu = 0,$$

où les constantes λ, μ, ν sont liées par une seule relation.

Cette condition analytique exprime géométriquement que *les géodésiques sont représentables par une double infinité de sections planes d'une surface.*

On peut toujours, sans restreindre la généralité, écrire l'équation précédente

$$(\alpha) \qquad A(u, v) + \lambda u + \mu v + \nu(\lambda, \mu) = 0.$$

La méthode que j'ai suivie pour traiter la question exige que l'on résolve d'abord le problème suivant :

1° *Déterminer toutes les équations du second ordre, du type*

$$(1) \qquad v'' = a_0 v'^3 - a_1 v'^2 + b_1 v' - b_0,$$

dont la solution générale est définie par une relation de la forme (α).

En voici la solution générale :

Si l'on pose

$$z = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)} = \frac{\Sigma a_{ik} x^i y^k}{\Sigma b_{ik} x^i y^k},$$

où P et Q désignent respectivement des polynomes arbitraires du *troisième* et du second degré, et ensuite

$$u = \frac{\partial z}{\partial x} = p, \qquad v = \frac{\partial z}{\partial y} = q,$$

l'équation (α) aura la forme

$$(\alpha') \qquad px + qy - \frac{P(x, y)}{Q(x, y)} = p\lambda + q\mu - \frac{P(\lambda, \mu)}{Q(\lambda, \mu)},$$

et l'équation différentielle (1) pourra s'écrire

$$(1') \qquad \left\{ \begin{aligned} &\tfrac{1}{2} Q(x, y)(rt - s^2)(dp\, d^2q - dq\, d^2p) \\ &\quad = a_{30}\, dq^3 - a_{21}\, dq^2\, dp + a_{12}\, dq\, dp^2 - a_{03}\, dp^3 \\ &\qquad - (p\, dq - q\, dp)(b_{20}\, dq^2 - b_{11}\, dq\, dp + b_{02}\, dp^2). \end{aligned} \right.$$

En d'autres termes, les courbes représentées par l'équation (α) sont les *sections de la surface de troisième classe*

$$X = p, \qquad Y = q, \qquad Z = px + qy - z$$

par ses plans tangents. On peut encore, en coordonnées (x, y), les regarder comme formant le système dualistique du précédent, c'est-à-dire comme les *courbes de contact des cônes circonscrits à la surface du troisième ordre*

$$z = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)}$$

ayant leur sommet sur cette surface.

2° Il reste à *trouver toutes les équations* (1') *qui conviennent à des lignes géodésiques.*

La façon la plus simple d'exprimer qu'une équation (1) convient à des lignes géodésiques consiste à *écrire que l'équation au multiplicateur de Jacobi admet une solution de la forme*

$$(e+2fv'+gv'^2)^{-\frac{3}{2}}.$$

On obtient pour déterminer e, f, g quatre équations linéaires et homogènes du premier ordre qui déterminent [sauf le cas (Liouville, Lie) des surfaces représentables géodésiquement sur elles-mêmes] e, f, g à un facteur constant près. La condition de compatibilité est une *relation de quatrième ordre entre les coefficients* a_0, a_1, b_1, b_0, dont la formation effective paraît difficile.

Dans le cas actuel, on peut éviter la considération de cette relation en observant que, pour une équation

$$v''=\rho(u,v)\,\varphi(u,v,v'),$$

$\frac{1}{\varphi}$ est un multiplicateur lorsqu'on a identiquement

$$\frac{\partial\varphi}{\partial u}+\frac{\partial\varphi}{\partial v}v'=0$$

[ce qui a lieu pour (1')].

On a alors une intégrale première de la forme

$$\frac{(e+2fv'+gv'^2)^3}{\varphi^2}=\text{const.},$$

et la connaissance de l'équation finie des géodésiques permet d'écrire une *équation fonctionnelle* qui détermine e, f, g. La discussion complète de cette équation paraîtra prochainement dans un travail étendu.

III. La remarque précédente suffit à établir que, *pour toute équation*

$$(2)\qquad v''=\rho(u,v)\,\varphi(u,v,v'),$$

où

$$\frac{\partial\varphi}{\partial u}+\frac{\partial\varphi}{\partial v}v'=0,$$

qui convient à des géodésiques, ce qui n'exige pour $\rho(u,v)$ qu'une condition du *quatrième ordre* différentiel, on connaît une intégrale première avec une constante; *les géodésiques s'obtiennent alors par deux quadratures,* l'une d'elles intervenant dans la détermination de e, f, g.

Cette observation s'étend à tout problème de variations relatif à une intégrale $\int f(u,v,v')\,du$ qui conduit à une équation (2); la relation $\varphi\frac{\partial^2 f}{\partial v'^2}=a$ est une intégrale première et la solution générale s'obtient par *une quadrature.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation d'un théorème de Jacobi.* Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Émile Picard.

1. Je vais attirer l'attention sur une généralisation d'un théorème de Jacobi établi dans la 35[e] Leçon de ses *Vorlesungen über Dynamik*.

Ce théorème généralisé peut être considéré comme une base véritable de la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre, ainsi que celle des équations canoniques. Il conduit, avec une simplicité qui ne laisse presque rien à désirer, à tous les résultats les plus importants de recherches de S. Lie et de Mayer, à l'aide de considérations tout à fait élémentaires. La démonstration même du théorème dont il s'agit est aussi élémentaire et ne représente qu'une modification légère de celle que Jacobi a donnée pour son théorème, mentionné au début de cette Note.

C'est pourquoi je me permets de publier mes pensées sur ce sujet, bien que nous ayons maintenant assez de travaux, parmi lesquels je citerai ceux de MM. Mayer, Morera, Russyan et Saltikow, poursuivant le même but de s'affranchir de considérations compliquées, étrangères au problème pris en lui-même, et de le placer dans la voie classique indiquée par Lagrange, Cauchy, Liouville, Bour et Jacobi.

2. J'énoncerai ce théorème, que j'appellerai *théorème généralisé de Jacobi*, comme il suit :

Soient

$$f_1,\ f_2,\ \ldots,\ f_q,\ \ldots,\ f_\rho \qquad (\rho = 2n - q,\ q \geqq n)$$

$2n - q$ *fonctions indépendantes de* $2n$ *variables*

$$x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_n,\quad p_1,\ p_2,\ \ldots,\ p_n.$$

Supposons, en général, que les équations

$$f_j = \alpha_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, \rho), \tag{1}$$

α_j *désignant des constantes arbitraires, soient résolubles par rapport à* $2n - q$ *quantités*

$$x_{h+1},\ x_{h+2},\ \ldots,\ x_{n+h-q},\ \ldots,\ x_n;\quad p_1,\ p_2,\ \ldots,\ p_h,\ p_{h+1},\ \ldots,\ p_{n+h-q}.$$

Introduisons les notations suivantes :

$$(\alpha)\quad \begin{cases} p'_i = p_i, & x'_i = x_i \quad \text{pour} \quad i = 1, 2, \ldots, h, \\ p'_i = -x_{n-q+i}, & x'_i = p_{n-q+i} \quad \text{pour} \quad i = h+1, h+2, \ldots, q, \\ p'_i = p_{h-q+i}, & x'_i = x_{h-q+i} \quad \text{pour} \quad i = q+1, q+2, \ldots, n. \end{cases}$$

On trouve, en résolvant les équations (1),

$$(2)\qquad \begin{cases} x'_s = \varphi_s(x'_1, x'_2, \ldots, x'_q, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\rho) & (s = q+1, \ldots, n), \\ p'_i = \psi_i(x'_1, x'_2, \ldots, x'_q, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\rho) & (i = 1, 2, \ldots, n). \end{cases}$$

Supposons que les fonctions f_j *soient telles que les expressions* (2), *étant substituées dans* $\sum_{i=1}^{n} p'_i\, dx'_i$, *la réduisent à une différentielle exacte*

$$(\mathfrak{Z})\qquad d\mathrm{U} = \sum_{k=1}^{q} \left(p'_k + \sum_{s=q+1}^{n} p'_s \frac{\partial x'_s}{\partial x'_k} \right) dx'_k.$$

La fonction U *étant déterminée par une quadrature, formons* $\rho = 2n - q$ *fonctions*

$$(3)\qquad \mathrm{F}_j = \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \alpha_j} - \sum_{s=q+1}^{n} p'_s \frac{\partial x'_s}{\partial \alpha_j} \qquad (j = 1, 2, \ldots, \rho).$$

En y remplaçant α_j *par leurs expressions* (1), *on obtient* ρ *fonctions* F_j *satisfaisant aux conditions*

$$(4)\qquad (f_m, \mathrm{F}_e) = \sum_{j=1}^{\rho} \lambda^j_{m,e}(f_m, f_j) + \varepsilon_{m,e},$$

où $\varepsilon_{m,e} = 0$, *si* $m \gtrless l$, *et* $\varepsilon_{m,e} = 1$, *si* $m = l$; $\lambda^j_{m,e}$ *désignent certaines fonctions de* x'_i *et* p'_i; *le symbole* (φ, ψ) *désigne les parenthèses de Poisson, prises par rapport aux variables* x'_i *et* p'_i.

Si l'on remplace dans f_j, F_j *les variables* x'_i, p'_i *par les variables initiales* x_i, p_i *à l'aide de* (α), *on fera correspondre à* ρ *fonctions données* f_j *le même nombre de fonctions* F_j (*de* $2n$ *variables* x_i, p_i) *vérifiant les égalités* (4), *où il faut entendre par le symbole* (φ, ψ) *les parenthèses de Poisson, prises par rapport aux variables* x_i, p_i.

3. Voici, en quelques mots, la démonstration du théorème énoncé.

On a, évidemment,

$$(5)\qquad (f_m, \mathrm{F}_e) = k_{m,e} + \sum_{j=1}^{\rho} \frac{\partial \mathrm{F}_e}{\partial \alpha_j}(f_m, f_j), \qquad k_{m,e} = \sum_{k=1}^{q} \frac{\partial \mathrm{F}_e}{\partial x'_k} \frac{\partial f_m}{\partial p'_k} - \sum_{s=q+1}^{n} \frac{\partial \mathrm{F}_e}{\partial p'_s} \frac{\partial f_m}{\partial p'_s}.$$

D'autre part, on a les identités

$$(6)\qquad \sum_{s=q+1}^{n} \frac{\partial f_m}{\partial x'_s} \frac{\partial x'_s}{\partial \alpha_e} + \sum_{k=1}^{q} \frac{\partial f_m}{\partial p'_k} \frac{\partial p'_k}{\partial \alpha_e} + \sum_{s=q+1}^{n} \frac{\partial f_m}{\partial p'_s} \frac{\partial p'_s}{\partial \alpha_e} + \varepsilon_{m,e} = 0$$

et

$$(7)\qquad \frac{\partial f_j}{\partial x'_k}+\sum_{s=q+1}^{n}\frac{\partial f_j}{\partial x'_s}\frac{\partial x'_s}{\partial x'_k}+\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial f_j}{\partial p'_i}\frac{\partial p'_i}{\partial x'_k}=0 \qquad (k=1, 2, \ldots, q).$$

Les identités (7) conduisent immédiatement à ρ relations

$$(8)\qquad (f_m, f_j)+\sum_{s=q+1}^{n}\mathrm{A}_{s,m}\frac{\partial f_j}{\partial x'_s}+\sum_{i=1}^{n}\mathrm{B}_{i,m}\frac{\partial f_j}{\partial p'_i}=0 \qquad (j=1, 2, \ldots, \rho),$$

qui donnent

$$\mathrm{A}_{s,m}=\sum_{k=1}^{q}\frac{\partial f_m}{\partial p'_k}\frac{\partial x'_s}{\partial x'_k}-\frac{\partial f_m}{\partial p'_s}=\sum_{j=1}^{\rho}\mu^j_{s,m}(f_m, f_j).$$

Or, en vertu de (6) et de (β),

$$k_{m,e}=\sum_{s=q+1}^{n}\mathrm{A}_{s,m}\frac{\partial p'_s}{\partial \alpha_e}-\varepsilon_{m,e}.$$

Substituant cette expression de $k_{m,e}$ dans (5), on obtient les égalités (4). Ce théorème a des applications importantes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Toute fonctionnelle continue est développable en série de fonctionnelles d'ordres entiers.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Émile Picard.

Convenons avec M. Hadamard qu'une *fonctionnelle* réelle $\mathrm{U}_{f(x)}$ est définie dans le champ des fonctions continues s'il existe une correspondance telle qu'à toute fonction $f(x)$ réelle et continue dans (a, b) correspond un nombre réel déterminé $\mathrm{U}_{f(x)}$. La fonctionnelle sera dite continue si $\mathrm{U}_{\varphi(x)}$ tend vers $\mathrm{U}_{f(x)}$ quand $\varphi(x)$ est une fonction réelle continue qui tend vers $f(x)$ uniformément dans (a, b).

Nous allons montrer qu'en généralisant d'une façon toute naturelle une propriété caractéristique des polynomes réels, on peut étendre aux fonctionnelles continues le théorème de Weierstrass relatif au développement d'une fonction continue en série de polynomes.

Pour cela je remarque d'abord qu'*on peut définir les polynomes réels de degré n au plus comme étant les fonctions réelles continues les plus générales* $\psi(x)$ *qui vérifient l'identité*

$$f(x_1+x_2+\ldots+x_{n+1})-\sum_{n} f(x_{i_1}+x_{i_2}+\ldots+x_{i_n})$$
$$+\sum_{n-1} f(x_{i_1}+\ldots+x_{i_{n-1}})-\ldots+(-1)^n\sum_{1} f(x_{i_1})+(-1)^{n+1}f(0)\equiv 0,$$

quels que soient les nombres réels $x_1, x_2, \ldots, x_{n+1}$ [1] $\Big[\sum_k$ désignant la somme des termes obtenus en remplaçant $(i_1, i_2, \ldots, i_k)$ par l'une quelconque des combinaisons des $n+1$ premiers entiers k à $k\Big]$.

J'appelle alors *fonctionnelle d'ordre n* toute fonctionnelle continue U_f qui vérifie l'identité

$$U_{f_1+f_2+\ldots+f_{n+1}}-\sum_{n} U_{f_{i_1}+f_{i_2}+\ldots+f_{i_n}}$$
$$+\sum_{n-1} U_{f_{i_1}+\ldots+f_{i_{n-1}}}-\ldots+(-1)^n\sum_{1} U_{f_{i_1}}+(-1)^{n+1}U_0\equiv 0,$$

quelles que soient les $n+1$ fonctions $f_1(x), f_2(x), \ldots, f_{n+1}(x)$, réelles, continues dans (a, b) (sans vérifier l'identité obtenue en remplaçant n par un entier inférieur).

Le théorème annoncé peut maintenant s'énoncer ainsi :

Toute fonctionnelle continue peut être représentée par la somme d'une série convergente de fonctionnelles d'ordres entiers [2].

---

(1) Ce théorème, qui fournit une définition fonctionnelle des polynomes, se réduit pour $n=1$ à une proposition classique due à Cauchy. Il s'étend facilement aux fonctions de plusieurs variables et même aux fonctions d'une suite infinie de variables.

(2) L'énoncé reste encore exact si la fonctionnelle est définie dans tout le champ des fonctions $f(x)$ sommables et de carrés sommables au sens de M. Lebesgue et si sa continuité est telle que U_φ tende vers U_f quand $\int_a^b [f(x)-\varphi(x)]^2dx$ tend vers zéro (cas que j'ai déjà considéré ici même, *Comptes rendus* de juin 1907).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles dont l'intégrale générale est uniforme.* Note de M. J. **Chazy**, présentée par M. P. Painlevé.

L'équation de Clairaut est l'exemple classique d'une équation différentielle dont l'intégrale générale est uniforme, et dont l'intégrale singulière peut avoir des points critiques. On sait former de même des équations d'ordre supérieur au premier, algébriques par rapport à la fonction et à ses dérivées, dont l'intégrale générale est uniforme et dont l'intégrale singulière a des points critiques *fixes*, c'est-à-dire indépendants des constantes d'intégration. Mais existe-t-il des équations dont l'intégrale générale soit uniforme, ou ait ses points critiques fixes, et dont l'intégrale singulière ait des points critiques *mobiles*, c'est-à-dire variables avec les constantes d'intégration? La réponse est affirmative et voici des exemples du fait.

L'équation du second ordre

$$y'' = -y^3 y' + y y' \sqrt{4y' + y^4}$$

a comme intégrale générale

$$y = \mathrm{A} \operatorname{tang}(\mathrm{A}^3 x + \mathrm{B}),$$

et comme intégrale singulière

$$y = \sqrt[3]{\frac{4}{3(x + \mathrm{C})}},$$

A, B, C étant des constantes d'intégration.

L'équation

$$y'' = 3y^5 + 3iy^2\sqrt{y'^2 - y^6}$$

a comme intégrale générale

$$y = \mathrm{A}\,p(\mathrm{A}^2 x + \mathrm{B}, 0, 4),$$

et comme intégrales singulières

$$y = \sqrt{\pm\frac{1}{2(x + \mathrm{C})}}.$$

Dans un ordre d'idées voisin, l'équation

$$y'' = 2yy' + 2iy'\sqrt{y' - y^2 - 1}$$

a son intégrale générale entière

$$y = e^{2Ax+B} + \frac{A^2-1}{2A},$$

et l'intégrale singulière possède des pôles mobiles

$$y = \operatorname{tang}(x + C).$$

Si dans cette équation du second ordre on pose $y = z'$, on obtient une équation du troisième ordre en z dont l'intégrale générale est entière, et dont l'intégrale singulière a des points critiques logarithmiques mobiles.

Citons encore l'exemple suivant. L'équation

$$y''' = 2yy'' + 2y'^2,$$

d'où l'on déduit

$$y' = y^2 + Ax + B,$$

a son intégrale générale méromorphe. La transformée en $z = \frac{y'}{y^2}$ est une équation du troisième ordre, qui a aussi son intégrale générale méromorphe. Mais cette équation est du second degré en z''', et son intégrale singulière est donnée par l'équation

$$6z^2(z-1)z'' = (3z-1)^2 z'^2;$$

elle admet des points critiques transcendants mobiles tout à fait analogues à des points logarithmiques.

PHYSIQUE. — *Sur quelques phénomènes optiques et magnéto-optiques dans les cristaux aux basses températures.* Note de M. **Jean Becquerel**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans plusieurs Notes suivies d'un important Mémoire ([1]), MM. H. du Bois et Elias ont publié les résultats d'intéressantes recherches relatives à l'influence de la température et d'un champ magnétique sur les spectres d'absorption et de phosphorescence.

Ces travaux font suite à ceux que j'ai entrepris depuis quelques années ([2]): les auteurs ont suivi la voie que j'ai indiquée en observant les phénomènes

([1]) *Akad. Wet. Amsterdam*, t. XVI, 1908, p. 635, 749, 878; *Ann. der Phys.*, t. XXVII, 1908, p. 233.

([2]) *Comptes rendus*, 1906, 1907, 1908.

magnéto-optiques dans les cristaux possédant des bandes fines, et en faisant usage des basses températures. Un résultat nouveau d'une grande importance est l'influence d'un champ magnétique sur les raies d'émission par phosphorescence du rubis.

Quelques-unes des observations, ou plutôt des interprétations de MM. du Bois et Elias sont en désaccord avec plusieurs des conclusions auxquelles j'ai été conduit par une longue suite de recherches. Il me paraît donc utile d'attirer l'attention sur quelques questions et de signaler les causes des divergences entre les résultats.

1° MM. du Bois et Elias, décrivant les effets d'un abaissement de température sur les spectres d'absorption, indiquent que les bandes subissent dans leur aspect, toutes les modifications possibles, et disent qu'il ne peut être question d'une loi simple comme celle que j'ai donnée, d'après laquelle la largeur est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue.

Je ne partage pas cette opinion, pour la raison que, de mon côté, je ne me suis pas borné à évaluer la largeur des bandes d'après l'écartement des bords. J'ai *défini* la largeur comme la différence des longueurs d'onde des deux vibrations pour lesquelles la variation de l'indice de réfraction, auprès de la bande, est maxima; puis j'ai *mesuré* cette largeur par l'observation de franges qui dessinent dans le spectre la courbe de dispersion. Les résultats ne peuvent en aucune façon être devinés au simple aspect du spectre, car les bandes changent d'intensité et leur largeur apparente ne renseigne nullement sur leur largeur réelle.

MM. du Bois et Elias remarquent que, dans certains cas, les modifications subies par les bandes semblent changer de sens à une certaine température. C'est justement la conclusion à laquelle M. Kamerlingh Onnes et moi nous avions été conduits : nous avons dit que la loi que j'avais trouvée très approchée pour beaucoup de bandes jusqu'à la température de — 190° ne peut que rarement être étendue jusqu'à — 260° et même que certaines bandes passent par un minimum de largeur.

La loi en question n'est donc pas rigoureuse, pas plus que ne l'est la loi de Mariotte, et il faut bien comprendre le sens qu'on doit lui attribuer. Le fait qu'elle est très approchée dans certaines limites de température est d'un grand intérêt, car il révèle une relation intime entre la largeur des bandes des solides et l'agitation thermique, et il montre quelle est la principale cause de la largeur de ces bandes. Il faudrait déterminer sous quelles influences cette loi se modifie aux très basses températures : c'est un problème qui ouvre un champ nouveau aux investigations.

2° Parmi les interprétations déduites des expériences des mêmes physiciens, on trouve que les changements de fréquence produits par un même champ magnétique augmentent lorsque la température s'abaisse. Ce résultat

est absolument contraire à toutes les observations que nous avons faites, M. Kamerlingh Onnes et moi, dans un intervalle de température beaucoup plus grand, descendant jusqu'à 14° absolus. Les mesures précises que j'ai faites sur des *raies* très sensibles au champ magnétique ne m'ont laissé aucun doute sur la constance du changement de fréquence. La conclusion de MM. du Bois et Elias est principalement basée sur les observations faites avec les bandes $691^{\mu\mu},7$ et $693^{\mu\mu},1$ du rubis, mais on peut se rendre compte qu'il n'a pas été possible de mesurer le changement de période à la température ordinaire : en effet, dans une première Note, les auteurs disent que les composantes ne sont pas séparées, et ils évaluent l'action du champ magnétique en observant l'élargissement apparent des bandes; ils n'ont pas remarqué que les composantes n'ont pas la même intensité que la bande primitive et que les déplacements des bords sont plus faibles que les distances du milieu de la bande aux milieux des composantes. Pour se convaincre que telle est bien la cause d'erreur, il suffit de se reporter à la figure schématique (¹) où les composantes d'un doublet magnétique sont représentées avec la même largeur et la même intensité que la bande primitive.

Dans une autre série d'observations, les auteurs emploient une excellente méthode, la seule même qui puisse pour des bandes larges donner le changement de période, et qui consiste à séparer dans deux plages juxtaposées les spectres de deux vibrations circulaires inverses et à mesurer le décalage entre les composantes. Mais il se trouve que pour le rubis les deux composantes sensibles ne sont pas, à la température ordinaire, bien séparées d'une troisième composante qui est fixe; il est alors impossible de connaître exactement leur décalage qui doit paraître plus petit qu'il n'est en réalité.

3° Il résulte des recherches expérimentales que j'ai faites, ainsi que des importantes théories de M. Voigt (²), que les modifications observées pour les bandes d'un cristal sont les mêmes lorsque la lumière se propage parallèlement ou bien perpendiculairement aux lignes de force, à la condition que la vibration lumineuse d'une part, le cristal d'autre part soient dans les deux cas orientés de la même manière par rapport au champ. Or, dans le Mémoire des précédents auteurs, on trouve à plusieurs reprises des descriptions différentes pour des cas semblables. La raison en est que les auteurs n'ont pas orienté le cristal dans la position qu'ils indiquent : il est aisé de s'en convaincre en examinant, pour ne citer qu'un exemple, la description relative

(¹) *Annalen der Physik*, t. XXVII, 1908, p. 245, *fig.* 1.
(²) W. Voigt, *Magneto- und Elektrooptik*, p. 215 et suiv

au spectre ordinaire de la hussakite (xénotime), la vibration étant parallèle au champ; j'ai reconnu que les modifications décrites correspondent au cas où la lame cristalline est inclinée de manière que la vibration ordinaire possède dans le cristal une composante normale aux lignes de force.

Les différences observées, dans des cas qui sont en réalité les mêmes, proviennent donc d'un défaut d'orientation, à moins qu'elles ne soient dues à un défaut de la lame cristalline qui peut se trouver formée d'un enchevêtrement de cristaux diversement orientés. C'est pourquoi, dans toutes mes expériences, je n'ai jamais négligé de projeter l'image de la lame sur la fente du spectroscope, afin de voir si toutes les parties de cette lame se comportent de la même manière.

Les observations de MM. du Bois et Elias ne modifient donc en aucune façon les conclusions que j'avais données.

MAGNÉTISME. — *Sur une propriété caractéristique d'un réseau hexagonal de petits aimants.* Note (¹) de MM. L. de la Rive et Ch.-Eug. Guye, présentée par M. Lippmann.

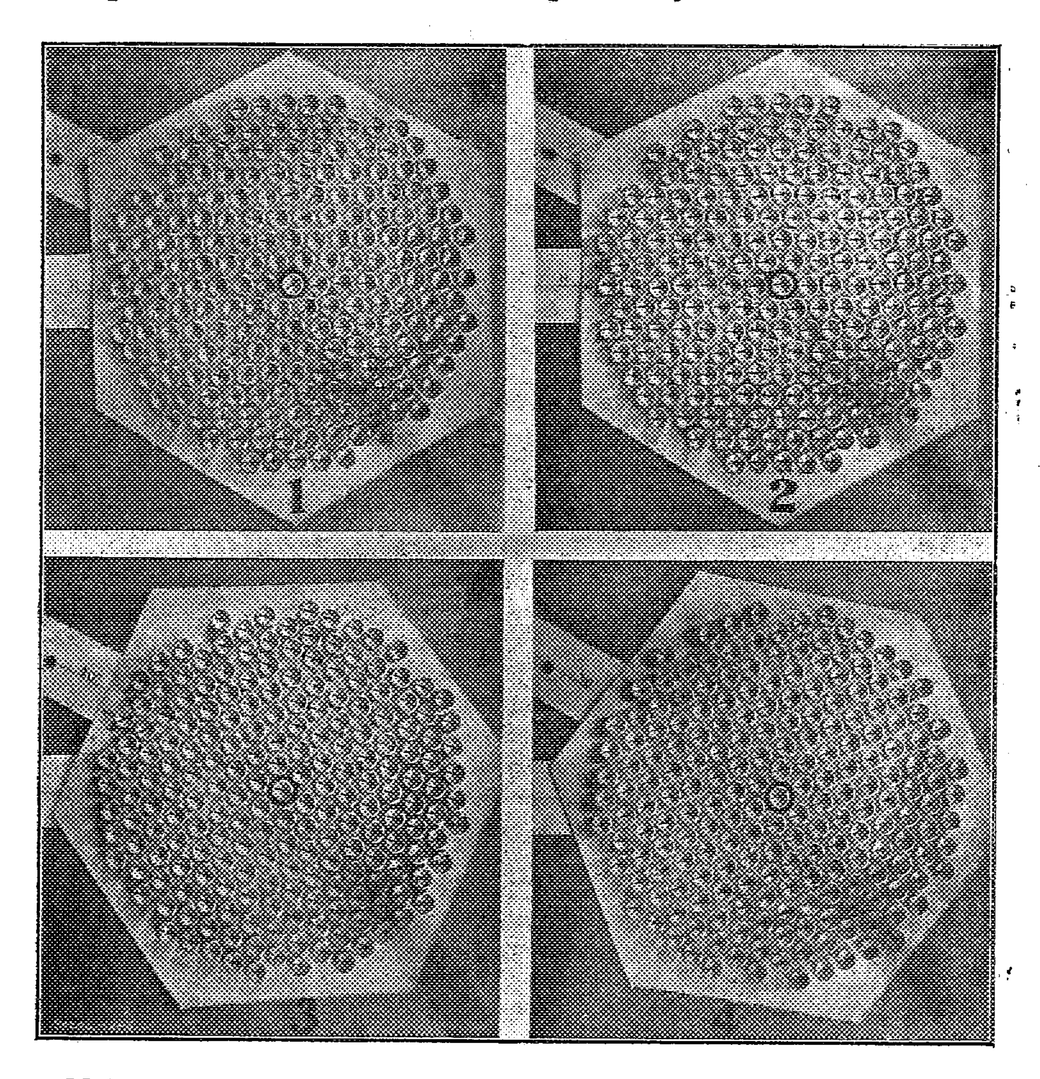
Les aimants employés sont les aiguilles de petites boussoles sous verre, renfermées dans des boîtes cylindriques de 16mm de diamètre sur 6mm de haut. L'aiguille aimantée est en forme de flèche, pour distinguer les deux pôles; elle a 13mm de longueur. Les centres des boussoles sont disposés régulièrement aux sommets des triangles équilatéraux qui par leur juxtaposition forment le réseau hexagonal cristallographique de Bravais. Le côté du triangle, et par conséquent la distance à laquelle se trouvent deux centres voisins le long des trois directions faisant entre elles l'angle de 60°, que nous désignons par *directions hexagonales,* est de 20mm: à très peu près une fois et demie la longueur de l'aiguille. La surface couverte par les aimants est un hexagone régulier, dont le rayon est de 20cm, comprenant 199 aimants; nous désignons cette surface par *champ magnétique intérieur.*

On peut soustraire ce champ intérieur à la composante horizontale du magnétisme terrestre par le dispositif d'Helmholtz, donnant un champ magnétique uniforme sur une surface qui est plus du double de celle de l'hexagone.

La propriété caractéristique du réseau hexagonal est l'orientation des aimants exclusivement suivant l'une des trois directions hexagonales, même sous l'action d'un champ extérieur notable. La figure 1 montre l'orientation lorsque le champ intérieur est soustrait à l'action terrestre. Elle se fait

(¹) Présentée dans la séance du 28 décembre 1908.

partout suivant une hexagonale, mais celle-ci est différente en différents points du champ. Dans la figure 2 l'orientation a lieu sous l'influence du champ terrestre H et il y a coïncidence de la direction du champ avec une hexagonale; l'orientation est uniforme suivant cette hexagonale dans le champ intérieur tout entier, comme on pouvait s'y attendre.

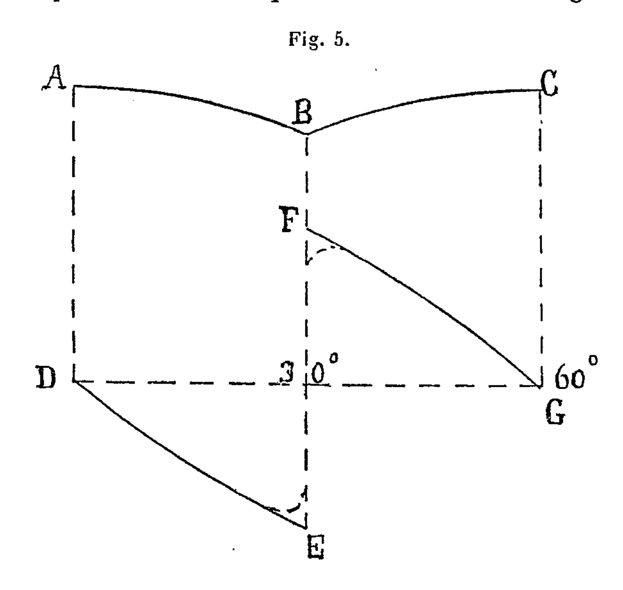


Mais le fait qui nous a paru tout particulièrement digne d'intérêt est le suivant : si l'on fait tourner l'ensemble des boussoles, c'est-à-dire le champ intérieur autour de son centre, de manière à amener la direction hexagonale à faire avec sa position précédente un angle un peu inférieur à 30°, on voit

par la figure 3 que l'orientation suivant la même hexagonale a persisté. En continuant à faire tourner le champ, lorsque l'hexagonale arrive à faire un angle un peu supérieur à 30°, comme le montre la figure 4, il se produit un *changement brusque de l'orientation* qui passe à l'hexagonale suivante, laquelle se trouve faire avec la direction du champ terrestre H un angle moindre que 30°. Pour s'assurer, dans chaque position du champ, de la stabilité de l'équilibre obtenu, on promène au-dessus du champ un aimant qui produit des oscillations après lesquelles l'équilibre se rétablit. L'expérience consistant à faire tourner lentement le champ jusqu'au moment où s'opère un changement de 60° dans l'orientation montre en outre que la région voisine des bords est la première à l'effectuer, lorsque l'angle de 30° est notablement dépassé.

Supposons que ce soit le champ extérieur H qui tourne et soit φ l'angle qu'il fait avec sa position initiale qui coïncide avec l'hexagonale.

Fig. 5.



Les deux courbes ayant pour abscisse l'angle φ et respectivement pour ordonnée la valeur de la composante, sont celles de la figure 5 : ABC et DEFG construites en prenant $I = 4^{cm}$ et l'angle de $10° = 1^{cm}$.

Ce sont des fragments de sinusoïdes et l'on a raccordé pour la composante normale la courbe avec l'axe des ordonnées, en tenant compte du fait, signalé plus haut, que le changement d'orientation ne se fait pas en même temps dans toutes les parties du champ.

Cette expérience et la considération des composantes normale et paral-

lèle au champ nous ont été suggérées par les très belles recherches de M. P. Weiss sur les propriétés magnétiques de la pyrrhotine.

Il nous a paru intéressant de rapprocher les brusques variations de la composante normale observée de 60° en 60°, dans cette expérience schématique, des variations brusques, plus complexes il est vrai, de cette même composante dans les expériences sur la pyrrhotine.

OPTIQUE. — *Dispositif optique pour faire varier l'éclairement d'une surface suivant une loi déterminée d'avance.* Note (¹) de M. **Th. Guilloz**, présentée par M. d'Arsonval.

Ce procédé très simple consiste à prendre comme objet lumineux une source rectiligne de lumière ab, de clarté intrinsèque uniforme, perpendiculaire à la direction de l'axe d'une lentille cylindrique devant laquelle on place un diaphragme dont la courbe d'ouverture répond à la fonction $y=f(x)$. La lentille cylindrique (*fig.* 1) donne comme image de chaque point tel que a une droite A_1A_2 parallèle à l'axe, de telle sorte que l'image de ab est un rectangle $A_1A_2B_1B_2$.

On peut démontrer par l'optique géométrique que tous les rayons qui aboutissent dans l'image $A_1A_2B_1B_2$ à une droite parallèle à AB passent par une même section droite de la lentille cylindrique. Je ne présenterai pas ici cette démonstration, considérant comme suffisante la preuve expérimentale suivante : si contre la lentille cylindrique, à axe vertical, on abaisse un écran opaque E, à bord inférieur horizontal, l'image $A_1B_1A_2B_2$ se raccourcit de haut en bas proportionnellement à l'abaissement de l'écran, et la partie supérieure de l'image rectangulaire est toujours délimitée très nettement par une droite horizontale parallèle à AB. Il s'ensuit que les rayons qui délimitent le bord supérieur horizontal de l'image sont ceux qui rasent le bord inférieur horizontal de l'écran. En d'autres termes chaque zone horizontale de l'image rectangulaire, d'éclairement uniforme, reçoit cet éclairement d'une section droite correspondante de la lentille cylindrique. Cet éclairement est donc proportionnel à l'ordonnée y du diaphragme admettant la lumière dans la tranche considérée. Il en résulte que l'éclairement, uniforme horizontalement, se trouve réparti verticalement suivant la loi de variation $E=f(X)$, si $y=f(x)$ est la formule d'ouverture du diaphragme.

(¹) Présentée dans la séance du 11 janvier 1909.

Le rapport entre x et X est donné par les relations $\frac{x}{X} = \frac{p}{p'}$ et $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = D$ pouvoir dioptrique de la lentille cylindrique.

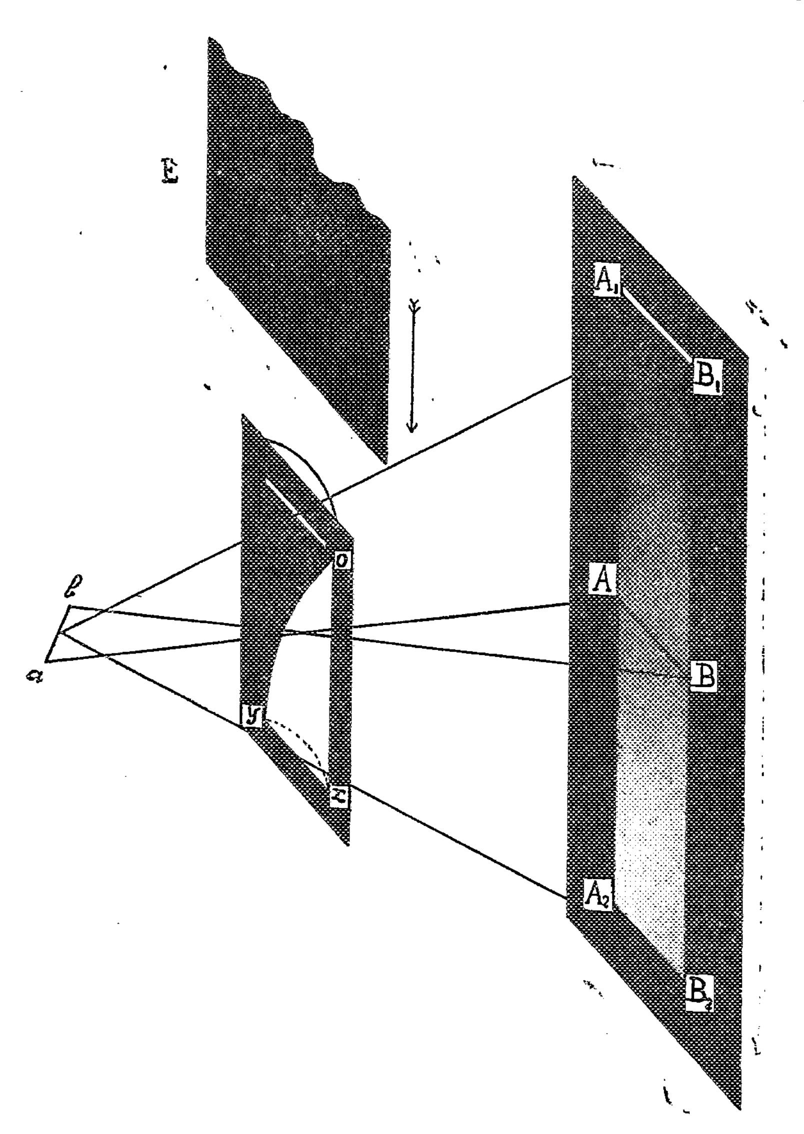
Si la source de lumière ab est homogène, de clarté uniforme en chaque point, et si le diaphragme est triangulaire, l'éclairement, constant suivant la coordonnée horizontale, varie verticalement proportionnellement à la coordonnée verticale mesurée à partir de l'origine A_1. Afin qu'expérimentalement il n'y ait pas d'ambiguïté sur la position de l'origine, on peut ouvrir dans le diaphragme une fente linéaire perpendiculaire à Ox et dont le bord inférieur corresponde à l'origine O de la courbe. L'image $A_1B_1A_2B_2$ portera une petite bande lumineuse dont le bord inférieur sera l'origine à partir de laquelle on devra considérer la lumière comme s'étalant en intensité proportionnellement à l'ordonnée verticale.

Dans les applications aux études biologiques c'est cette répartition proportionnelle qui sera le plus fréquemment employée, mais expérimentalement, il était aussi simple d'effectuer la répartition de l'éclairement suivant n'importe quelle fonction de l'abscisse : loi du carré, fonction logarithmique, etc., puisqu'il suffit de découper le diaphragme d'après la courbe correspondante.

L'uniformité de l'éclairement suivant l'ordonnée dépend de l'éclat intrinsèque supposé uniforme en chaque point de l'objet lumineux rectiligne ab. Si cet éclat intrinsèque est variable du point a au point b, suivant une loi $F(y)$ (y exprimant la distance du point considéré à a), l'éclairement sur un point de la surface caractérisé par ses ordonnées X et Y sera exprimé par $\alpha f(X) F(Y)$, α étant une constante. On conçoit que le choix des fonctions $f(x)$ et $F(y)$, qui sont des plus simples à traduire expérimentalement pour la représentation physique du phénomène, puisse permettre la répartition d'un éclairement sur une certaine région de l'espace sous une forme qui, si elle n'est pas arbitraire, puisse se rapprocher beaucoup de celle désirée dans le cas où elle ne pourrait être obtenue identique.

Cette répartition d'un éclairement sur une surface, suivant une loi déterminée, m'avait semblé un problème important dont j'ai depuis longtemps cherché une solution un peu souple. Nombreux étant, en effet, les instruments, et fréquentes les expériences où l'on a à faire varier systématiquement un éclairement. J'ai abandonné la réalisation de divers dispositifs mécaniques se présentant naturellement à l'esprit et qui feraient varier suivant la loi voulue le temps pendant lequel se répartirait sur les divers points de la surface un éclairement constant. En particulier, en ce qui concerne les études biologiques, cette méthode d'éclairement par éclipses ne correspondrait pas nécessairement à celle d'un éclairement constant et, pratiquement, la réalisation en serait toujours plus compliquée.

Si l'objet *ab* est un spectre rectiligne, il donnera l'image rectangulaire $A_1A_2B_1B_2$, sous forme d'un spectre dans lequel les couleurs s'étaleront du rouge (A_1A_2) au violet (B_1B_2) et où l'intensité variera de haut en bas pour chaque couleur suivant la loi assignée par la forme du diaphragme.



J'ai réalisé cette expérience sous plusieurs formes; la seule précaution à prendre consiste à obtenir pour chaque radiation un champ lumineux qui recouvre toute la surface ouverte du diaphragme de la lentille cylindrique.

On le reconnaît facilement par ce fait que, si devant la surface Oxy on place un écran diffusif sans coloration propre, il doit donner la sensation d'une lumière blanche, de même composition par conséquent que la source ayant servi à produire le spectre.

Je n'insisterai pas beaucoup sur ce procédé, car je crois plus avantageuse, pour les applications biologiques, la disposition suivante, donnant beaucoup plus simplement la projection d'un spectre qui peut être très intense dans sa région non assombrie.

Un point lumineux (cratère d'une lampe à arc, par exemple) donne, par uue lentille cylindrique de forte puissance, une petite image réelle rectiligne qu'on fera se former en lieu et place de la fente d'un spectroscope dont on détournera la lunette pour projeter le spectre sur un écran.

Si contre la lentille cylindrique on place un diaphragme, d'ouverture $y = f(x)$, l'intensité de l'image rectiligne qui fonctionnera comme fente variera d'une extrémité à l'autre suivant la même formule, et il en sera de même pour la luminosité de chacune des images colorées qu'elle donnera, images dont la juxtaposition constitue le spectre. Les couleurs seront donc réparties suivant une coordonnée d'après leur dispersion et, suivant l'autre, auront une variation d'intensité exprimée par $f(X)$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation rapide de phosphure de calcium pour l'obtention de l'hydrogène phosphoré.* Note de MM. **C. Matignon** et **R. Trannoy**, présentée par M. Troost.

La méthode de préparation de l'hydrogène phosphoré gazeux la plus simple est aujourd'hui la décomposition par l'eau acidulée du phosphore d'aluminium préparé si commodément à partir de ses éléments [1]. Il peut être intéressant d'obtenir rapidement ce même gaz à partir de la matière première initiale de tous les composés du phosphore, le phosphate tricalcique. Nous avons utilisé pour cela les propriétés réductrices de l'aluminium, comme nous l'avions fait pour la préparation de borures, siliciures et de phosphures de métaux lourds [2].

L'aluminium réduit facilement le phosphate de calcium en donnant du phosphure et de l'alumine, mais ici la différence de densité des deux produits (2,5 et 3,7) est

[1] C. Matignon, *Comptes rendus*, t. CXXX, 1900, p. 1391.

[2] C. Matignon et R. Trannoy, *Comptes rendus*, t. CXLI, 1905, p. 190.

insuffisante pour obtenir la séparation des deux produits fondus de telle sorte qu'on obtient un culot formé par un mélange d'alumine et de cristaux de phosphure de calcium

Le phosphate en poudre, préalablement calciné pour le débarrasser de toute trace d'humidité, est mêlé intimement avec la poudre d'aluminium dans les proportions correspondant à la réaction

$$3(PO^4)^2Ca^3 + 8Al^2 = 3P^2Ca^3 + 8Al^2O^3,$$

soit par exemple 232g,5 de phosphate pour 108g d'aluminium.

On provoque le mieux la réaction en portant le mélange préalablement au rouge sombre, on allume ensuite à la surface des produits le mélange d'inflammation, et la réaction provoquée au contact de ce mélange se poursuit d'elle-même dans toute la masse du creuset. Quand le mélange est bien intime, on peut réussir quelquefois la réaction sans chauffage préalable.

Le produit obtenu se présente sous la forme d'une masse brunâtre dont la cassure fraîche est rouge brun. Abandonné à l'air, il se décompose en donnant PH^3 en même temps qu'il abandonne une poudre impalpable, ce qui démontre combien est intime le mélange d'alumine et de phosphure. On peut cependant reconnaître quelquefois la présence de petits cristaux rouges de phosphure dans certaines cavités.

Le mélange ainsi obtenu facilement nous paraît appelé à remplacer le produit de P. Thénard, mélange de phosphure, de phosphate et de chaux, improprement désigné sous le nom de *phosphure de calcium*.

La composition du mélange paraît sensiblement la même au centre ou sur les bords du culot obtenu. 0g,3805 d'un échantillon prélevé au centre ont donné 26cm³,20 d'hydrogène phosphoré après traitement par l'eau, soit par gramme de produit 69cm³. 0g,4060 détachés du bord du culot ont dégagé 28cm³,8, soit un volume de 71cm³,05 par gramme.

Analyse du gaz. — L'hydrogène phosphoré a été absorbé soit par le sulfate de cuivre, soit par le chlorure cuivreux chlorhydrique; dans tous les cas, il y a eu un léger résidu d'un gaz que nous avons reconnu être de l'hydrogène.

Prise d'échantillon.	Volume initial du gaz.	Volume résiduel.	Composition du PH^3.	Hydrogène.
Centre..........	7,95	0,25	96,85	3,15
Centre..........	7,90	0,23	97,08	2,92
Bord...........	11,80	0,20	98,30	1,70

Le gaz contient donc toujours quelques centièmes d'hydrogène qui proviennent sans

doute d'un peu de calcium dû à la dissociation d'une petite quantité de phosphore et qui échappe en partie à la volatilisation.

Il y aurait donc intérêt à abaisser la température de réaction soit en introduisant une matière inerte comme la magnésie ou du phosphate excès, soit en évitant autant que possible le chauffage préalable.

Préparation du gaz. — L'action de l'eau sur ce phosphure de calcium permet d'obtenir rapidement et facilement du phosphure d'hydrogène toutes les fois que les traces d'hydrogène qui l'accompagnent seront sans inconvénient.

Voici les résultats d'essais faits avec des matières préparées sans aucune précaution spéciale et telles que tout opérateur les obtiendra dans un premier essai.

La matière concassée est mise dans un flacon muni d'un entonnoir à brome, par lequel on peut introduire immédiatement une quantité d'eau notable et ajouter vers la fin de l'eau chlorhydrique qui active le dégagement en dissolvant la chaux.

22g de phosphure ont dégagé environ 1500cm³ d'un gaz non spontanément inflammable, dont la richesse était la suivante, à différentes phases du dégagement :

	Pour 100.		Pour 100.
5e éprouvette......	93,52	18e éprouvette......	97,00
8e »	96,65	14e »	96,76
11e »	96,52	15e »	96,87

Le gaz résiduel provenant de l'absorption de 800cm³ de phosphure gazeux ne présentait aucune absorption ni par la potasse, ni par l'acide pyrogallique; il a été soumis à une analyse eudiométrique, et reconnu comme de l'hydrogène pur.

Dans une autre préparation, on a fait tomber, goutte à goutte, l'eau sur le phosphure (comme dans certains appareils à acétylène); les premières gouttes donnent une inflammation à l'intérieur du flacon par suite de la surchauffe locale qui dépasse 100°, température d'inflammation de PH^2. Quand tout l'oxygène du flacon a disparu, on recueille quelques bulles spontanément inflammables, mais cette inflammation cesse bientôt et l'hydrogène phosphoré se dégage régulièrement.

2l,700 de gaz recueillis dans ces conditions présentaient une composition voisine de la précédente. Le résidu provenant de l'absorption de 2l de gaz par le sulfate de cuivre était de l'hydrogène.

Nous avons essayé d'attaquer le phosphure dans des appareils continus du type Sainte-Claire Deville ou du type Kipp, mais l'attaque est trop rapide pour que la décomposition puisse être réglée et arrêtée au moment voulu.

En résumé, l'action de l'aluminium sur la matière première des composés phosphorés, le phosphate tricalcique, permet d'obtenir rapidement un

mélange de phosphure de calcium et d'alumine qui constitue une excellente matière première pour la préparation du gaz hydrogène phosphoré. Le gaz qui se dégage ne contient pas d'autres impuretés que quelques centièmes d'hydrogène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du chlorure de soufre* S^2Cl^2 *sur les oxydes métalliques*. Note de M. **F. Bourion**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 631), nous avons montré, M. Matignon et moi, que l'action simultanée du chlore et du chlorure de soufre sur les oxydes métalliques constituait, en général, un très bon procédé de préparation des chlorures métalliques anhydres. J'ai étendu depuis (*Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 62) cette action chlorurante à un certain nombre d'oxydes que nous n'avions pas étudiés. Le chlorure de soufre utilisé dans toutes ces transformations était le liquide rouge foncé, désigné dans le commerce sous le nom de *bichlorure de soufre*, de composition variable, mais toujours plus riche en chlore que le chlorure défini S^2Cl^2.

Cependant nous avons signalé (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. V, p. 127) que la méthode est en défaut (chaux, manganèse), ou peu pratique (nikel, cobalt), toutes les fois que le mélange gazeux, arrivant sur l'oxyde, même peu chauffé, le rend incandescent; car il y a empâtement de la masse par suite de la formation d'oxychlorure, qu'il est ensuite très difficile de transformer en chlorure.

Il en est de même des oxydes du groupe des terres rares, généralement obtenus par la calcination des oxalates, de telle sorte que l'opération ne peut porter que sur de petites quantités de substance.

D'ailleurs, les chlorures ainsi préparés accusent toujours un déficit en chlore, qui, dans les cas les plus favorables, est voisin de 1 pour 100 (néodyme, praséodyme, gadolinium, dysprosium), et peut même atteindre 2,5 à 3 pour 100 (samarium, europium); leur solution dans l'eau est très faiblement opalescente.

Or, j'ai constaté depuis, que le chlorure de soufre S^2Cl^2, seul, transforme facilement en chlorures les oxydes métalliques, même ceux avec lesquels le mélange de chlore et de bichlorure de soufre donne de mauvais résultats. De là, une amélioration et une simplification de l'ancienne méthode.

Le chlorure de soufre S^2Cl^2 est placé dans un ballon à distiller dont le tube latéral s'engage dans un tube de verre renfermant l'oxyde, chauffé sur une grille à analyse. L'autre extrémité du tube pénètre dans un ballon bitubulé où se condense le chorure de soufre en excès; les faibles portions de ce composé qui ne se sont pas déposées sont

arrêtées par un tube vertical de 1m de longueur qui s'engage dans la deuxième tubulure du ballon, faisant ainsi office de réfrigérant ascendant.

La simplicité de ce dispositif ne constitue pas le seul avantage de cette méthode sur l'ancienne; car l'équation de chloruration d'un oxyde MO (M étant un métal bivalent),

$$2MO + 2S^2Cl^2 = SO^2 + 2MCl^2 + 3S,$$

montre qu'il y a un excès de soufre, égal aux trois quarts de celui qui est contenu dans la quantité de chlorure de soufre réagissant. On détermine donc, par l'apparition d'un dépôt de soufre, la plus basse température à laquelle se produit la réaction; on commence alors l'attaque au voisinage de cette température, de façon à éviter l'incandescence observée dans les cas signalés plus haut, et, en élevant progressivement celle-ci jusqu'au rouge, on obtient les chlorures magnifiquement cristallisés et parfaitement purs; on refroidit dans un courant de gaz chlorhydrique sec, pour débarrasser le chlorure de la petite quantité de chlorure de soufre dont il est imprégné.

Avec les oxydes de manganèse (bioxyde précipité MnO^2 ou protoxyde MnO provenant de la réduction du précédent par l'hydrogène), de nickel NiO vert olive, de cobalt noir, les oxydes des terres rares provenant de la calcination de leurs oxalates, la réaction commence à une température nettement inférieure à la température d'ébullition du soufre, et celui-ci se dépose à l'état liquide, dans les régions du tube qui sont au-dessus de l'oxyde.

Avec le sesquioxyde de chrome Cr^2O^3, la réaction commence à une température supérieure, à la température d'ébullition du soufre.

Dans tous les cas, les chlorures obtenus sont rigoureusement exempts d'oxychlorures.

En particulier, avec la *samarine* Sm^2O^3, qui est de tous les oxydes du groupe cérique le plus difficile à transformer en chlorure, j'ai préparé une quantité importante de chlorure, dont la teneur en chlore est de 41,40 pour 100, pratiquement identique à la teneur calculée 41,47 pour 100 pour $SmCl^3$; tandis que l'attaque prolongée d'une petite quantité du même oxyde par le mélange de chlore et de bichlorure de soufre donnait un chlorure dosant 40,51 pour 100 en chlore, soit un déficit de 2,5 pour 100.

J'ai également pu préparer par la nouvelle méthode, en 4 heures, avec des terres brutes que M. Urbain a mises à ma disposition, une centaine de grammes de chlorures ne laissant pas de résidu à la reprise par l'eau.

En résumé, le procédé au chlorure de soufre S^2Cl^2 permet de préparer commodément à partir de leurs oxydes certains chlorures anhydres, qu'on n'obtenait pas par le procédé au chlore et au bichlorure de soufre. Il remplace en outre avantageusement ce dernier, toutes les fois qu'on a en vue la préparation d'un chlorure fixe (terres rares, par exemple) ou peu volatil, comme celui de chrome ou de thorium.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactions colorées de la dioxy-acétone.* Note de M. G. Denigès.

En recherchant un procédé très sensible pour l'identification de la glycérine, j'ai été conduit à étudier, au point de vue de ses réactions analytiques, un de ses dérivés de déshydrogénation, la dioxyacétone, dans la pensée que cette dernière pourrait fournir des produits de condensation colorés, caractéristiques.

J'ai ainsi constaté que la dioxyacétone se condensait, en milieu sulfurique, avec les composés à fonctions mono- ou polyphénoliques, seules ou conjuguées avec d'autres fonctions et certains alcaloïdes de l'opium (1), en donnant des colorations parfois très belles et très stables.

De tous les phénols et les alcaloïdes morphoIiques essayés, ceux qui m'ont fourni les meilleurs résultats sont, parmi les phénols, la résorcine, le thymol et le β-naphtol; parmi les alcaloïdes de l'opium, la codéine qui me paraît devoir être mise au premier rang des réactifs de coloration de la dioxyacétone.

Le mode opératoire pour les mettre en œuvre est le suivant : On verse, dans un tube à essai, $0^{cm^3},1$ d'une solution alcoolique au vingtième (1^g de phénol ou d'alcaloïde et 28^{cm^3} d'alcool à 90°-95°) du réactif employé et $0^{cm^3},4$ (2) de la solution de dioxyacétone dont le titre, pour obtenir de bons résultats, ne doit pas dépasser 1^g par litre. On ajoute 2^{cm^3}, *exactement mesurés,* d'acide sulfurique ($D = 1,84$) et, suivant le cas, on abandonne le tube à lui-même, à la température ordinaire, pendant 1 ou 2 minutes, ou bien on le porte durant deux minutes au bain d'eau bouillante. Au bout de ce temps, on observe :

Avec la *codéine* (après immersion suffisante dans l'eau bouillante) une belle teinte bleue, légèrement teintée de vert, présentant une forte bande d'absorption dans le rouge et comparable, lorsque la dose de dioxyacétone est de $0^g,10$ par litre, à celle que donne un liquide obtenu en portant juste à l'ébullition, dans un tube à essai, 5^{cm^3} d'une solution de CrO^4K^2 à 1 pour 100 et 1^{cm^3} d'acide sulfurique concentré, retirant du feu et ajoutant aussitôt, goute à goutte, $0^{cm^3},5$ d'alcool à 90°-95°; enfin laissant refroidir et complétant à 25^{cm^3} avec de l'eau. La comparaison des teintes doit être faite dans des tubes, à la lumière naturelle et non artificielle.

---

(1) Ces alcaloïdes sont : la morphine et ses dérivés éthérés, la codéine, l'oxydimorphine et l'apomorphine qui peuvent, grâce à la dioxyacétone, être facilement distinguées. Les colorations obtenues sont en effet violette ou sépia avec la morphine et l'héroïne; bleue avec la codéine et ses homologues comme la dionine; verte avec l'oxydimorphine; rouge puis brun rougeâtre avec l'apomorphine.

(2) Ce volume est fixé de façon à réaliser le degré d'hydratation optimum de l'acide, pour la réussite des réactions ici étudiées.

Cette réaction est une des plus sensibles de la Chimie analytique : elle permet, en opérant comme il vient d'être dit, de déceler $0^{mg},2$, par litre, de dioxyacétone, soit moins d'un dix-millième de milligramme dans la prise d'essai. En décuplant les doses des produits mis en œuvre et en regardant dans l'axe du tube, on peut déceler jusqu'à $0^{mg},02$ par litre. Il est bon toutefois, quand on arrive à ces limites, d'opérer par comparaison avec les mêmes doses d'acide sulfurique et de codéine et remplaçant par un même volume d'eau la solution de dioxyacétone.

La grande sensibilité du procédé s'explique en tenant compte de ce fait d'après lequel, lorsque la concentration de la dioxyacétone s'abaisse de 10 à 1, la teinte obtenue ne s'affaiblit que dans la proportion de 4 à 1 (sensiblement), de sorte que pour une dilution au millième $= 10^{-3}$, l'intensité de la teinte devient à peu près $4^{-3} = 64$ fois moindre de ce qu'elle était précédemment; elle est donc environ 15 fois plus forte, ici, que le degré correspondant de dilution.

Avec la *résorcine,* sans chauffer, la teinte obtenue, lorsque la concentration est voisine de 1^g par litre, rappelle celle des solutions des dichromates alcalins. Elle se dilue, comme celle de ces dernières et tend vers le jaune pour les grandes dilutions. Elle présente deux bandes d'absorption : l'une plus étroite dans le vert-jaune, l'autre plus large dans le vert bleu.

Avec le *thymol,* sans chauffer, la coloration est rouge sang ou rouge bordeaux, pour les concentrations élevées; rosé ou jaune rosé avec de faibles doses.

Avec le *β-naphtol,* mieux au bain-marie qu'à la température ordinaire, il se développe une teinte verte plus ou moins intense avec une fluorescence de même nuance.

Ces dernières réactions, surtout celles de la résorcine et du thymol, sont aussi extrêmement sensibles.

Ces recherches ont été faites avec de la dioxy-acétone provenant, d'une part, de son oxime préparée synthétiquement par le procédé Piloty, de l'autre, d'un échantillon résultant de l'action de la bactérie du sorbose sur la glycérine et que je dois à l'aimable obligeance de M. le professeur Gabriel Bertrand.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nature de l'acétamide bromé d'Hofmann.* Note de M. **Maurice François**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une Note précédente [1], j'ai montré que la solution d'acétamide bromé destinée à la préparation de la monométhylamine contient tout son

[1] *Comptes rendus,* t. CXLVII, 1908, p. 983.

brome à l'état de brome actif. Ce fait appelle l'attention sur la constitution de l'acétamide bromé ou acétobromamide qu'Hofmann a isolé en traitant par l'éther l'acétamide bromé brut.

Pour Hofmann (¹), ce corps était un simple dérivé bromé pouvant exister à l'état hydraté et à l'état anhydre. Il donnait la formule $CH^3 - CO - AzHBr, H^2O$ au corps hydraté, tel qu'il cristallise de sa solution éthérée, et la formule $CH^3 - CO - AzHBr$ au corps devenu anhydre par perte d'eau à 0° dans le vide, ou à 50° à l'air libre.

Pour Seliwanow (²), tous les amides bromés doivent être considérés comme des amides hypobromeux, et l'action de l'eau sur l'acétamide bromé doit être représentée par l'équation

$$(1) \qquad (C^2H^3O)AzHBr + H^2O = (C^2H^3O)AzH^2 + BrOH.$$

Cette opinion n'a pas été admise, puisqu'on n'en trouve pas trace dans nos Traités.

Les quelques faits nouveaux que j'apporte ici établissent nettement que l'acétamide bromé hydraté, contenant tout son brome à l'état de brome actif et pouvant être préparé en partant de l'acide hypobromeux et de l'acétamide, est une combinaison de l'acide hypobromeux.

1° J'ai préparé de l'acétamide bromé pur en épuisant par l'éther de l'acétamide bromé brut suivant les indications d'Hofmann et évaporant rapidement l'éther à froid sur l'acide sulfurique. L'épuisement et l'évaporation étant faite dans l'obscurité, le corps obtenu présente la composition et les propriétées indiquées par Hofmann pour l'acétamide bromé hydraté.

Ce corps se dissout dans l'eau en formant une solution incolore. J'y ai dosé le brome actif au moyen de la liqueur de Gay-Lussac et j'y ai trouvé 102,1 de brome actif pour 100, ce qui correspond à 51,05 pour 100 de brome à l'état d'acide hypobromeux. Donc, dans l'acétamide bromé hydraté d'Hofmann fraîchement dissous, tout le brome se trouve à l'état d'acide hypobromeux, la quantité théorique de brome étant 51,28 pour 100 dans le corps $CH^3 - CO - AzHBr, H^2O$.

2° Si l'équation (1) ci-dessus donnée par Hofmann et par Seliwanow est exacte, elle doit être réversible et l'on doit obtenir l'acétamide bromé par action de l'acide hypobromeux sur l'acétamide.

J'y suis parvenu, après bien des tâtonnements, de la façon suivante :

On dissout $17^g,00$ d'azotate d'argent ($\frac{1}{10}$ de molécule) dans 200^{cm^3} d'eau environ, on ajoute un excès de soude qui précipite l'oxyde d'argent, on lave cet oxyde une dizaine de fois à grande eau par décantation, puis on le recueille et l'égoutte sur un entonnoir. On

(¹) *Berichte der deutsch. chem. Gesells.*, t. XV, 1882, p. 407.
(²) *Id.*, t. XXV, p. 3617; t. XXVI, p. 424.

place d'autre part dans un flacon à émeri à large ouverture 50^{cm^3} d'eau, on y ajoute une dizaine de gouttes de brome, on agite pour dissoudre et l'on additionne d'oxyde d'argent en quantité suffisante pour faire disparaître par agitation la couleur du brome. On ajoute de nouveau dix gouttes de brome, puis de l'oxyde d'argent et ainsi jusqu'à ce qu'on ait employé les trois quarts de l'oxyde. On filtre à la trompe sur un tampon de coton la solution d'acide hypobromeux. Elle passe généralement colorée par du brome. On l'agite de nouveau avec de l'oxyde d'argent dans un flacon propre jusqu'à la décoloration. On filtre. On a ainsi une solution d'acide hypobromeux à peine teintée de jaune, contenant des traces de bromure d'argent dissous. Sans attendre, on la place dans une burette de Mohr et l'on en prend le titre avec la liqueur de Gay-Lussac. Ce titre est généralement voisin de $4^g,5$ de brome actif pour 100^{cm^3}, soit $2^g,25$ de brome à l'état d'acide hypobromeux.

On calcule rapidement la quantité d'acétamide qui serait nécessaire en théorie pour former avec le reste de la solution, dont on connaît le volume et le titre, de l'hypobromite d'acétamide $CH^3 - CO - AzH^2, BrOH$. On pèse cette quantité. L'acétamide pur étant dissous dans 20^{cm^3} d'eau, on fait tomber goutte à goutte l'acide hypobromeux dans cette solution constamment agitée. Chaque goutte d'acide hypobromeux produit en tombant une tache jaune qui disparaît par décoloration; il ne se forme pas de brome libre, et du fait du mélange tout le bromure d'argent dissous se précipite. On filtre au papier.

La solution incolore est répartie par portions de 15^{cm^3} dans des vases de Piétri que l'on chauffe à 50° sous un jet d'air. Lorsque le volume du liquide est réduit à un tiers environ, on cesse de chauffer de façon que l'évaporation se termine à une température ne dépassant pas 30°. Il se forme en un point du vase des cristaux qui gagnent peu à peu toute la surface. On sèche sur l'acide sulfurique pendant 24 heures. Le rendement est sensiblement théorique.

Le produit est incolore à l'œil nu. Au microscope il se montre formé de lames rectangulaires allongées de couleur jaune pâle. Comme le microscope ne permet pas d'y distinguer de corps étrangers et que de plus les deux éléments qui constituent ce corps, l'acétamide et l'acide hypobromeux, sont facilement volatils, nous l'avons jugé suffisamment pur et en avons étudié la composition et les propriétés pour l'identifier à l'acétamide bromé hydraté d'Hofmann.

Le dosage du brome actif par la liqueur de Gay-Lussac fournit 99,56 pour 100 de brome actif; soit 49,78 pour 100 de brome à l'état d'acide hypobromeux.

Le dosage du brome total fait après réduction de l'acide hypobromeux par addition d'un léger excès de liqueur de Penot fournit 50,97 pour 100 de brome total.

Le dosage de l'azote pratiqué après réduction de l'acide hypobromeux par la liqueur de Gay-Lussac, puis hydratation de l'acétamide par ébulli-

tion prolongée avec 10^{cm^3} d'acide sulfurique normal, fournit 10,37 d'azote pour 100. Théorie pour $CH^3CO - AzHBr, H^2O$: Brome pour 100 = 51,28; Azote pour 100 = 10,25.

Comme l'acétamide bromé hydraté, ce corps est facilement soluble dans l'éther et cristallise par évaporation de la solution éthérée.

Il décolore énergiquement la solution d'indigo.

Chauffé à 70° avec de la soude à 30 pour 100, il donne, avec odeur d'isocyanate de méthyle, un mélange d'ammoniaque et de monométhylamine d'où il est facile d'isoler la méthylamine par l'oxyde jaune de mercure.

Sa solution ne précipite pas à froid par l'azotate d'argent; si l'on chauffe le mélange, il se précipite du bromure d'argent en même temps que se développe d'une façon très intense l'odeur de l'isocyanate de méthyle.

En un mot, ce corps est identique à l'acétamide bromé hydraté d'Hofmann.

Conclusions. — Le corps qu'Hofmann a appelé *acétamide bromé hydraté* et auquel il a attribué la formule $CH^3 - CO - AzHBr, H^2O$, contient tout son brome à l'état de brome actif, c'est-à-dire d'hypobromite. Il peut être reproduit avec sa composition et tous ses caractères par évaporation d'un mélange d'acide hypobromeux et d'acétamide. On doit donc le considérer comme un hypobromite d'acétamide et l'écrire $CH^3 - CO - AzH^2, BrOH$.

Le corps qu'Hofmann appelle *acétamide bromé*, que produit le précédent par perte d'une molécule d'eau à 50° et qu'il écrit $CH^3 - CO - AzHBr$, doit être considéré comme un amide hypobromeux.

L'acétamide bromé serait donc un amide secondaire : amide acétique et amide hypobromeux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les produits de saponification de l'éther dioxalsuccinique. Acide isopyromucique.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **H. Gault**, présentée par M. A. Haller.

Nous nous proposons dans cette Note d'exposer avec plus de détails les résultats de nos recherches sur la saponification de l'éther dioxalsuccinique, résultats que nous n'avions fait qu'indiquer brièvement dans une Note précédente [1].

---

[1] *Comptes rendus*, 20 juillet 1908.

Nous avons préparé l'éther dioxalsuccinique suivant la méthode de Wislicenus par action de 2^{mol} d'éther oxalique sur 1^{mol} d'éther succinique en présence d'éthylate de sodium.

Le rendement atteint 85 pour 100. Nous avons effectué la saponification de cet éther par l'acide chlorhydrique concentré à température ordinaire dans des conditions identiques à celles de la saponification de l'éther monoxalsuccinique. La solution aqueuse obtenue après élimination de 2^{mol} d'acide carbonique est évaporée dans le vide et abandonne par cristallisation, avec un rendement de 65 pour 100, un produit sublimant en aiguilles fusibles vers 86°, colorant le perchlorure de fer en vert et un copeau de sapin humecté d'acide chlorhydrique en violet. Nous pouvions nous attendre à reconnaître dans ce corps l'acide dicétoadipique :

$$\begin{array}{l} COOC^2H^5 - CO - CH - \boxed{COO}C^2H^5 \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \\ COOC^2H^5 - CO - CH - \boxed{COO}C^2H^5 \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} COOH - CO - CH^2 \\ \qquad\qquad\qquad | \\ COOH - CO - CH^2 \end{array}$$

Or les réactions colorées précédentes d'une part, et d'autre part les analyses, l'action négative des réactifs ordinaires des fonctions cétones et enfin les propriétés réductrices marquées de ce corps nous ont conduits à abandonner immédiatement cette hypothèse.

L'analyse et le titrage, en particulier, nous ont amenés à lui attribuer la formule d'un composé bibasique en $C^6H^4O^5$. L'étude du produit de sublimation nous a fourni, d'un autre côté, des renseignements intéressants Le produit obtenu, résultant de l'élimination de 1^{mol} d'acide carbonique, fond à 87°, possède les mêmes propriétés réductrices et donne lieu aux mêmes phénomènes de coloration que le corps primitif; en outre, il donne facilement naissance à un dérivé acétylé (fond à environ 28°) et un dérivé benzoylé, ce qui indique la présence dans sa formule d'un oxhydrile alcoolique. L'analyse permet de lui assigner la formule $C^5H^4O^3$. Toutes ces propriétés concordent exactement avec celles de l'acide isopyromucique de Limpricht et Simon (1). Nous avons identifié ces deux produits par comparaison de leurs points de fusion : l'un et l'autre, ainsi que leur mélange, fondent à 87°. Il en est de même de leurs dérivés acétylés.

La formule à laquelle répond en réalité cet acide est celle d'une oxypyrone, comme l'avait d'ailleurs déjà démontré Chavanne, c'est-à-dire que l'acidité de ce produit provient non pas d'une fonction acide réelle, mais bien

(1) LIMPRICHT, *Lieb. Ann.*, t. CLXV, p. 257 et 298. — SIMON, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 255.

de l'oxhydrile alcoolique. Par suite, l'acide oxypyrone carbonique, d'où il dérive, ne contient, malgré sa bibasicité, qu'un seul carboxyle. Le schéma suivant rend compte de l'ensemble de ces différentes réactions :

```
COOH — C = C — COO|H
         |    |
        O|H   |
     CO OH    |             COO H — C = CH                CH = CH
        \     |         →       /        \          →     /        \
         C = C — COO H         O          CH             O          CH
         |                      \        //               \        //
         OH                      CO — C                    CO —— C
                                      |                          |
                                      OH                         OH
```

Ces résultats, intéressants en eux-mêmes, modifient d'autre part les conclusions que Wislicenus avait tirées de l'étude de l'éther dioxalsuccinique. Cet auteur avait observé ([1]) que l'éther dioxalsuccinique se transforme, lentement à l'état libre, rapidement à l'état de dérivé monosodé, en une lactone susceptible de se saponifier partiellement ou même d'ouvrir sa chaîne sous l'influence ménagée des alcalis étendus :

```
        COOR — C = CO — H — COOR                  COOR — C = C — COOR
               |        :                                |     \
                                          →                     >O
COOR — CO — CH — COOR                         COOR — CO — CH — CO
            I.                                            II.

           COOR — C = C — COOH                   COOR — CH — CO — COOH
→                 |     \                  →            |
                         >O
   COOR — CO — CH — CO                        COOR — CO — CH — COOH
            III.                                           IV.
```

Or les schémas II, III et IV sont très peu vraisemblables, étant données les propriétés des corps qu'ils représentent. En effet, tout d'abord on ne voit pas *a priori* pourquoi la lactone II ne peut, en aucun cas, donner naissance à une deuxième chaîne lactonique dans sa molécule même, absolument symétrique. D'autre part, l'acide lactone carbonique III colore le perchlorure de fer en rouge brun, et la formule que Wislicenus attribue à cet acide ne permet pas de se rendre compte de cette propriété caractéristique des éthers β-cétoniques. Enfin, l'acide β-cétonique IV doit, par sa nature même, être instable, et il semble peu compréhensible qu'il puisse sous l'influence de la chaleur se déshydrater en reproduisant la lactone correspondante sans qu'il y ait trace de dédoublement cétonique. Toutes

([1]) Wislicenus et Bœckler, *Lieb. Ann.*, t. CCLXXXV, p. 11.

ces considérations, jointes à celles que nous pouvons déduire de la saponification de l'éther dioxalsuccinique, nous conduisent à proposer, pour la lactone de l'éther dioxalsuccinique et les différents acides qui en dérivent, les formules suivantes :

$COOC^2H^5$ | C | $COOC^2H^5 - C$ ⟋⟍ OH ⋮ OC^2H^5 | $COOC^2H^5 - CH$ ⟍⟋ CO | CO

I'.

→

$COOC^2H^5$ | C | $COOC^2H^5 - C$ ⟋⟍ O | $COOC^2H^5 - C$ ⟍⟋ CO | C | OH

II'.

$COOC^2H^5$ | C | $COOC^2H^5 - C$ ⟋⟍ O | $COOC^2H^5 - C$ ⟍⟋ CO | C | OH

III'.

$COOH$ | C | $COOC^2H^5 - C$ ⟋⟍ OH | $COOC^2H^5 - C$ ⟍⟋ $COOH$ | C | OH

IV'.

On retrouve bien, dans la formule de cette δ-lactone, le noyau fondamental de l'oxypyrone et, de plus, il est facile de voir que toutes les objections qu'on peut faire aux formules de Wislicenus tombent devant les formules que nous proposons.

En résumé, nos recherches nous autorisent à conclure que l'acide chlorhydrique lactonise l'éther dioxalsuccinique avec formation d'une lactone δ en même temps qu'il le saponifie et que, par suite, la lactone isolée par Wislicenus et correspondant à l'éther non saponifié est elle-même une lactone δ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'aldéhydes et d'anhydrides d'acides.* Note [1] de M. A. **Béhal**, présentée par M. A. Haller.

J'ai montré, dans une Communication précédente, que l'acide acétique réagit sur le chlorure de benzyle pour donner naissance à de l'acétate de benzyle et à un dégagement d'acide chlorhydrique.

---

[1] Présentée dans la séance du 4 janvier 1909.

J'ai avancé, pour expliquer le mécanisme de cette réaction, qu'elle pouvait se faire soit par dissociation du chlorure de benzyle en acide chlorhydrique et en benzylidène se combinant à la molécule d'acide acétique, soit par simple enlèvement du chlore par l'atome d'hydrogène de la molécule acide, ce qu'on peut représenter par les trois formules suivantes :

$$C^6H^5 - CH^2Cl = HCl + C^6H^5 - CH,$$
$$C^6H^5 - CH + CH^3 - CO^2H = C^6H^5 - CH^2 - O - CO - CH^3,$$
$$C^6H^5 - CH^2Cl + HO - CO - CH^3 = HCl + C^6H^5 - CH^2 - O - CO - CH^3.$$

J'avais avancé que c'était cette dernière interprétation qui me paraissait devoir être exacte.

Si l'on opère, par exemple, avec le chlorure de benzylidène $C^6H^5 - CHCl^2$, qu'on y applique la méthode de raisonnement exposée plus haut, on voit que ce corps ne pourrait réagir sur l'acide acétique qu'une seule fois, puisqu'il ne renferme que 1^at d'hydrogène. Or, l'expérience montre qu'il réagit sur 2^mol d'acide acétique pour donner naissance, avec un dégagement d'acide chlorhydrique, à de l'aldéhyde benzoïque et à de l'anhydride acétique.

L'équation de la réaction peut être formulée de la façon suivante :

$$C^6H^5 - CHCl^2 + 2CH^3CO^2H = 2HCl + C^6H^5 - CHO + (CH^3CO)^2O.$$

En opérant avec 161^g de chlorure de benzylidène (1^mol) et 130^g d'acide acétique (un peu plus de 2^mol), on trouve, en procédant au titrage du chlore suivant la méthode indiquée dans ma dernière Note, que la réaction est terminée en environ 32 heures. Dans la première heure, la quantité d'acide HCl formée est de 209 millièmes, indiquant la transformation d'environ 10 pour 100 du chlorure de benzylidène.

Les sels de certains métaux agissent comme activants; c'est ainsi qu'en opérant avec le même mélange que ci-dessus et en y ajoutant 1^g de chlorure de cobalt cristallisé, on obtient 1072 millièmes de HCl, ce qui indique que plus de la moitié du chlorure de benzylidène est transformée.

La réaction ne change cependant pas de sens, et l'on retrouve de l'aldéhyde benzoïque et de l'anhydride acétique.

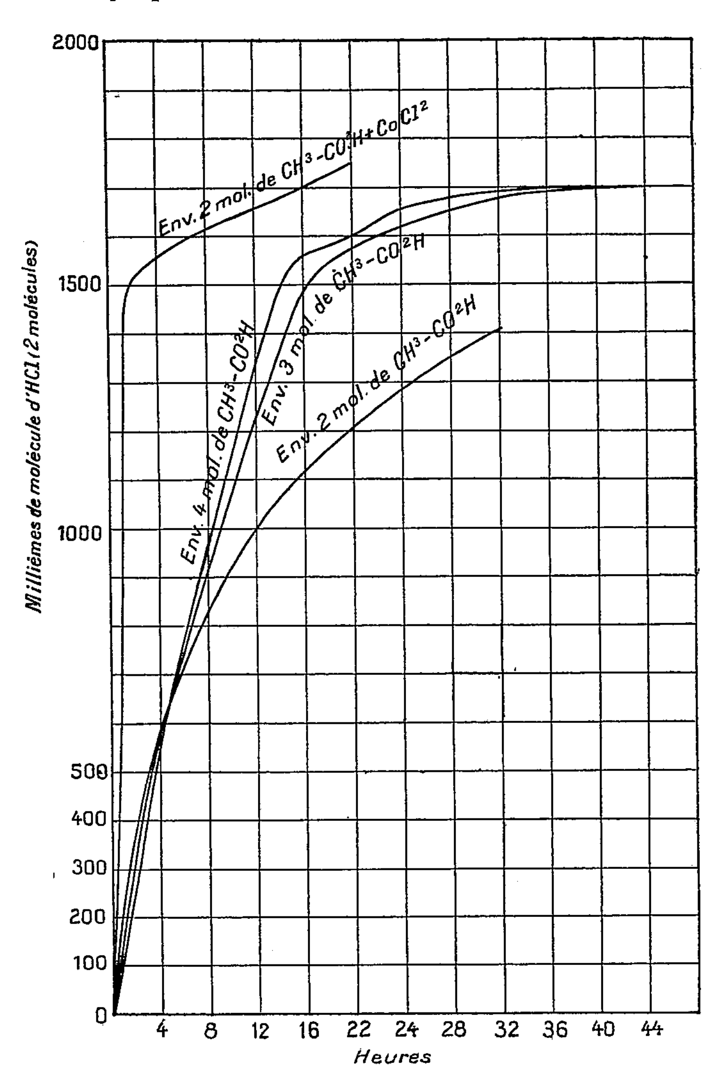
J'ai été précédé dans cette voie par Jacobsen (D. R. P., 11494, 13127), qui a trouvé qu'en présence du chlorure de zinc, d'antimoine, de cuivre, 1^mol de $C^6H^5 - CHCl^2$ réagit sur 1^mol d'acide acétique pour donner naissance à de l'aldéhyde benzoïque, à du chlorure d'acétyle et à de l'acide chlorhydrique, et l'on peut représenter la formule de la réaction par l'équation suivante :

$$C^6H^5 - CHCl^2 + CH^3CO^2H = C^6H^5 - CHO + CH^3 - COCl + HCl.$$

J'ai vérifié l'exactitude de ces faits.

Mais ce procédé donne naissance à de grandes quantités de produits de polymérisa-

tion de l'aldéhyde benzoïque; de plus, le chlorure d'acétyle est très difficilement condensable, surtout dans le courant d'acide chlorhydrique qui se dégage. Il est certain que si la formule globale représente les faits, son interprétation théorique n'est pas exacte et que la production du chlorure d'acétyle est due à l'action de l'acide chlorhydrique sur l'anhydride acétique primitivement formé. En effet, comme dans mes expériences



il y a production d'anhydride acétique, celui-ci ne peut pas provenir de l'action du chlorure d'acétyle sur l'acide acétique en présence, l'expérience montrant en effet que dans ces conditions la formation d'anhydride est sensiblement nulle, et l'on sait au contraire que l'acide chlorhydrique à température peu élevée transforme l'anhydride acétique en chlorure d'acétyle et acide acétique.

J'ai fait quelques expériences pour déterminer la marche de la réaction dans mes propres expériences. Elles sont exprimées par les courbes de la page 181.

On peut pratiquement, si l'on ne désire pas recueillir l'anhydride acétique, ajouter de temps en temps au mélange en ébullition une quantité d'eau correspondante à l'acide chlorhydrique dégagé. La réaction se continue d'elle-même. J'ai toujours observé, avec les appareils dont je disposais, l'entraînement d'une petite quantité d'acide acétique à la distillation. Le titrage alcalin était toujours supérieur au titrage chlorhydrique. Des expériences directes, pour mettre en évidence le chlorure d'acétyle dans le produit d'entraînement chlorhydrique, n'ont donné que des quantités peu appréciables de ce chlorure.

C'est un procédé qui pourrait entrer dans la technique, mais qui est régi par la qualité de l'aldéhyde obtenu par le prix de l'acide chlorhydrique et de l'anhydride acétique récupérés.

J'ai d'ailleurs généralisé cette réaction.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les oxydases et les peroxydases artificielles.* Note de M. MARTINAND, présentée par M. Roux.

Les corps inorganiques possédant les propriétés des oxydases ou peroxydiastases de bleuir la teinture fraîche de gayac, d'oxyder certains polyphénols : le pyrogallol, l'hydroquinone, etc., et de mettre l'iode en liberté d'une solution d'iodure de potassium sont, comme nous allons le montrer, très répandus.

Les solutions de potasse, de soude caustique, d'oxyde de calcium, de baryum, de magnésium, de carbonates de potasse et de soude, de silicates de potasse et de soude, c'est-à-dire tous les oxydes et carbonates pouvant donner des peroxydes et des percarbonates solubles, donnant les réactions des oxydases organiques si on les a préalablement saturés par un acide, l'acide chlorhydrique par exemple.

La chaleur est sans action sur la solution alcaline; elle ne détruit pas ses propriétés oxydantes, elle les active; mais, saturée par un acide, la solution ne réagit plus si on la chauffe à l'ébullition sur le gayac et l'iodure de potassium.

Le perchlorure de fer réagit fortement sur le gayac, l'iodure de potassium et les polyphénols : une solution au $\frac{1}{100000}$ donne encore une légère coloration bleue avec le gayac. En décomposant le chlorure ferrique par la potasse, le précipité lavé et chauffé à 100° ne réagit plus. Dissous dans H Cl, on n'a pas de coloration; il faut arriver à

l'évaporer à siccité au contact de l'air pour que, repris par l'eau, il récupère ses qualités premières.

Les autres sels ferriques réagissent sur les réactifs des oxydases, mais moins que le chlorure.

Les sels de manganèse (chlorure et sulfate) ne réagissent pas.

Les autres sels donnant, avec une énergie variable, les réactions des oxydases sont les sels de cuivre, le chlorure de platine. Les chromates, les permanganates, le bioxyde de plomb en solution chlorhydrique bleuissent d'une façon intense le gayac.

Certains de ces composés agissent comme peroxydase, c'est-à-dire donnent, additionnés de peroxyde d'hydrogène, une réaction plus intense que celle qu'ils donnent sans cette addition : les sels de cuivre et de platine sont dans ce cas. Le chlorure ferrique dont la réaction est sensible au $\frac{1}{100000}$ l'est au millionième en présence de H^2O^2.

Les sels de potassium et de sodium, particulièrement les chlorures, additionnés de peroxyde d'hydrogène, donnent d'une façon marquée les réactions des oxydases. Ces sels agissent donc comme des peroxydases. Un grand nombre d'autres sels présentent cette particularité, mais réagissent faiblement : tels sont le chlorure de cobalt, le chlorure de baryum, le sulfate de zinc. Les sels de manganèse au minimum d'oxydation donnent une légère coloration avec H^2O^2, tandis que le sulfate de protoxyde de fer donne, au contraire, une coloration intense.

Conclusions. — Les oxydes alcalins et alcalino-terreux susceptibles de donner des peroxydes fixent l'oxygène de l'air sous une forme active et donnent des corps en tous points semblables aux oxydases organiques, c'est-à-dire aptes à donner les réactions de ces corps avec plus ou moins d'énergie. Il en est de même des carbonates alcalins.

Les sels d'oxydes de métaux possèdent plusieurs degrés d'oxydation, donnent à leur maximum d'oxydation les réactions des oxydases.

Ces oxydases inorganiques peuvent être considérées comme similaires aux oxydases organiques, c'est-à-dire formées d'une peroxydase qui est le sel lui-même et d'une oxygénase qui est le peroxyde formé par l'action de l'air sur ce sel. Cette oxygénase inorganique peut être remplacée, comme elle l'est dans les oxydases organiques, par le peroxyde d'hydrogène.

Cette similitude de propriétés, jointe à celle que nous avons observée, nous conduit à assimiler complètement ces corps aux oxydases organiques.

Nous croyons inutile d'insister sur l'intérêt que présentent les propriétés indiquées ci-dessus des composés alcalins, alcalino-terreux et du perchlorure de fer, pour interpréter les phénomènes d'oxydation de la vie végétale et animale.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'induction successive des images colorées après une très forte excitation de la rétine et les théories classiques de la vision.* Note [1] de M. **Romuald Minkiewicz**, présentée par M. Yves Delage.

Les expériences de ce genre sont dangereuses (J. Plateau en a perdu la vue) et par conséquent très rares. C'est par un hasard que, prenant des bains de soleil à Villefranche-sur-Mer, pendant l'hiver 1906-1907, j'en ai exécuté la première.

Un après-midi, me trouvant très fatigué, j'étais à demi couché sur la grève, la face au soleil, les yeux fermés. De temps en temps j'ouvrais les yeux et je regardais la mer. Le soleil étant très bas formait, sur la surface de la mer, une large bande lumineuse et scintillante, qui se perdait vers la côte de Villefranche.

Une fois, en refermant les yeux, j'ai vu sous mes paupières une bande à limites ondulées, colorée en vert, qui passa bientôt au jaune et ensuite au rouge.

Comme je venais de publier [2] les résultats de mes expériences sur le *chromotropisme animal* et les conséquences qui s'en dégagent pour l'étude du *déterminisme physiologique de nos sensations lumineuses*, mon attention fut aussitôt attirée sur ce phénomène, et j'ai essayé de provoquer l'induction de cette bande colorée, qui m'avait vivement frappé par l'absence de couleurs complémentaires dans la succession des images.

J'ai répété cette expérience plusieurs fois, au printemps 1907, avec des intensités d'éclairage encore plus fortes, quelquefois même éblouissantes. J'ai porté d'abord une attention toute particulière sur les phases initiales et j'ai pu constater plusieurs fois l'apparition d'une teinte *lilas*, passant vite au *bleu, bleu verdâtre, vert*, etc.

Mais beaucoup plus souvent le lilas m'échappait, et c'est par un beau bleu que commençait l'induction. Ensuite, j'ai porté mon attention sur la marche et la durée relative des différentes phases.

Ici, l'ensemble du phénomène dépend beaucoup de la durée de l'exposition de l'œil et de l'intensité de l'éclairage, à ce point qu'il est impossible

---

(1) Présentée dans la séance du 11 janvier 1909.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLIII, nos 21 et 23, novembre et décembre 1906.

d'obtenir deux fois de suite les mêmes détails de l'induction. Voici une de mes expériences des plus simples.

Exposition d'une courte durée de $\gtrless$ 0,5 *seconde*. — Phases : 1, image *lilas* (blanchâtre) passant immédiatement au 2, *bleu*, puis au 3, *bleu verdâtre ;* 4, *beau vert ;* 5, *vert jaunâtre*, sur les bords duquel se développe peu à peu le rouge ; 6, *rouge* avec un *centre jaune d'or* éclatant, qui se rétrécit et disparaît ; 7 *rouge saturé*, qui s'efface peu à peu dans la direction centripète et disparaît.

Aucune pause et aucune couleur supplémentaire n'ont été observées. C'est le cas le plus fréquent dans mes expériences. Mais il arrive aussi qu'il se produit des pauses, et c'est *vers la phase rouge jaune* (rouge avec le jaune au centre) qu'elles apparaissent constamment. Le nombre de ces pauses varie de zéro à une dizaine, d'après ce que j'ai vu, ce qui dépend de la durée de l'exposition (et peut-être aussi de l'intensité de l'éclairage). La phase rouge réapparaît alors plusieurs fois, d'abord avec un centre jaune, ensuite l'image passe au rouge pur continu et saturé, diminue sensiblement et finit par disparaître.

Malgré toutes les imperfections de mes expériences, quelques résultats des plus nets et des plus positifs s'en dégagent :

1. La rétine développe, dans certaines conditions, toute une série spectrale d'images successives.

2. La succession de ces images s'effectue strictement dans l'ordre spectral ; les couleurs les plus réfrangibles se montrent toujours les premières.

3. La succession spectrale n'est jamais interrompue par des teintes complémentaires.

4. Les couleurs sont généralement très intenses, saturées et belles (toujours le rouge et le jaune, mais souvent aussi le vert et le bleu).

Quelle que soit l'interprétation qu'on puisse donner de ces faits, il est certain qu'ils sont absolument incompatibles avec les théories classiques de la vision, aussi bien avec celle des trois couleurs fondamentales de Young-Helmholtz-Maxwell-Natanson qu'avec celle des trois couples de sensations antagonistes de Hering et sa nombreuse école.

En vain invoquera-t-on, avec l'école de Helmholtz, la *fatigue rétinienne*, le *chaos lumineux*, dû à la lueur propre de la rétine, le *faux jugement* et le *manque de mémoire* pour des sensations intérieures ; en vain aura-t-on recours, avec Hering, aux trois couples des processus chimiques antagonistes de la perception rétinienne ; en vain aura-t-on attribué les sensations blanches aux bâtonnets seuls et les sensations chromatiques aux cônes seuls

(Kries Parinaud et autres), ou bien la perception des radiations moins réfrangibles aux cônes et des radiations plus réfrangibles aux bâtonnets (Sivèn, 1905).

Les théories classiques, même avec toutes leurs modifications récentes les plus complexes, sont absolument incapables de nous expliquer les faits que je viens d'exposer. De plus, elles ne sont point compatibles avec les faits importants, d'*ordre biologique*, que j'avais établis au cours de mes recherches sur le *chromatropisme* animal et sur l'instinct de déguisement et le *choix des couleurs chez les Crustacés*.

C'est parce que ces théories sont basées sur de fausses prémisses gnoséologiques (surtout la théorie de Helmholtz) et sur des hypothèses anatomo-physiologiques erronées, comme je l'ai montré explicitement dans la troisième Partie (n°s 5-9) de mon *Essai d'une analyse de l'instinct par la méthode objective* (1).

Il faudrait chercher le déterminisme physiologique des faits que je viens d'exposer dans les états physiologiques (chimio-mécaniques) successifs des mêmes éléments anatomiques rétiniens, quels que soient les récepteurs interposés entre la lumière objective et la conductibilité des fibres nerveuses optiques.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Rayons X de haute pénétration obtenus par filtrage. Leur avantage en radiothérapie pour le traitement des tumeurs profondes.* Note de M. **H. Guilleminot**, présentée par M. Bouchard.

Si l'on considère une substance homogène d'un degré d'opacité et de radiochroïsme pour les rayons X à peu près égal à celui des tissus mous de l'organisme de densité 1,05, et que l'on compare les courbes d'absorption de faisceaux de rayons X de même coefficient moyen de pénétration mais de composition différente à travers cette substance, on s'aperçoit facilement que la loi de répartition de l'énergie radiante absorbée de couche en couche est toute différente.

Prenons un faisceau n° 0,525 à 0,550, je veux dire un faisceau qui transmet à travers 1^{mm} d'aluminium 0,525 ou 0,550 de son intensité initiale et qui marque environ 5-6 au radiochromomètre de Benoist; ce faisceau est, on le sait, composé, au sortir du tube de Crookes, d'une série de

(1) *Revue polonaise de Philosophie*, t. XI, fasc. 1-2. Varsovie, 1908.

faisceaux simples de degrés de pénétration différents. Quel que soit le tant pour cent de chaque faisceau composant, on peut dire d'une façon générale que, plus le faisceau total est hétérogène, plus sa courbe de transmission tend à s'écarter de la logarithmique ayant le même coefficient de pénétration. Si l'on porte sur un même graphique la logarithmique 0,525, par exemple, et des courbes hétérogènes de même coefficient, ces courbes, qui ont la même origine (intensité initiale égale), ont un point commun qui se trouve environ à 1^{cm} de profondeur dans ce tissu et qui est à la cote 0,525, c'est-à-dire que, à cette profondeur, la quantité d'énergie transmise est la même et égale environ 0,525 de l'énergie globale initiale (¹).

Mais, entre la face d'incidence et ce point commun, les courbes composées et en particulier la courbe du faisceau non filtré sont inférieures à la logarithmique, c'est-à-dire que les quantités transmises sont au début moins considérables pour la première et, par conséquent, les doses absorbées plus fortes. Ainsi le premier millimètre de tissu retiendra, par exemple, 7 unités d'énergie pour un faisceau réel de 100 M incident, tandis qu'il ne retiendrait que 6,25 d'un monochromatique de même dose incidente, alors que pourtant le premier centimètre aura bien retenu dans l'un et dans l'autre cas la même dose d'énergie, à savoir 47,5 M.

Si, au contraire, on considère la profondeur des tissus, le rapport est inverse. Ainsi une couche de 1^{mm} située à 3^{cm} de profondeur absorberait pour 100 M incidents 0,7 d'un faisceau réel n°s 0,525 à 0,550, tandis que la dose absorbée serait de 1 M s'il s'agissait d'un monochromatique du même numéro.

La conséquence est que, pour le traitement des tumeurs profondes, le but à atteindre étant de faire absorber le maximum aux couches profondes et le minimum aux premières couches de téguments, on devra, autant qu'on le pourra, employer un faisceau se rapprochant d'un monochromatique.

Or, si l'on filtre un faisceau par des couches successives d'aluminium, on voit que peu à peu l'écart entre sa courbe et celle de la logarithmique correspondante diminue au point que, après 10^{mm} d'aluminium, il devient à peu près impossible avec nos moyens de mesures actuelles de différencier les deux courbes.

Ainsi notre faisceau 0,525 filtré par 10^{mm} d'aluminium se comporte comme un faisceau simple de coefficient 0,800 environ. On peut donc dire que le faisceau simple 0,800 serait la limite vers laquelle tend par filtrage le faisceau complexe 0,525; ou, ce qui revient au même, que la logarithmique 0,800 est la composante supérieure du faisceau. Autant que je peux en juger par les courbes que j'ai dressées jusqu'ici, la proportion de rayons voisins du faisceau limite est très grande dans le faisceau initial et me paraît être de près de moitié, comme si la décharge à travers le tube de Crookes provoquait

(¹) Le radiochroïsme des tissus mous de l'organisme se rapproche assez de celui de l'aluminium pour que grossièrement on puisse, en modifiant seulement la valeur des abscisses, passer des courbes dans l'aluminium aux courbes dans ces tissus (cf. *Comptes rendus*, 21 décembre 1908).

une gerbe fournie de rayons de haute pénétration, et une queue de décharge donnant lieu à des rayons de plus en plus mous.

Quant à la quantité absolue transmise au delà de 10^{mm} d'aluminium, elle est évidemment faible et voisine de 6 à 7 pour 100. Mais en pratique on peut considérer qu'un filtre de 5^{mm} donne déjà des rayons suffisamment épurés; puis le perfectionnement de l'appareillage, en nous donnant un meilleur rendement des tubes, nous permet d'obtenir des doses filtrées suffisantes pour ne pas trop prolonger les séances. Les bons résultats obtenus à l'aide des rayons γ du radium ne sauraient trop nous encourager dans cette voie, et j'ai pour mon compte quelques observations de tumeurs profondes traitées avec succès par ce procédé.

MÉDECINE LÉGALE. — *Identification des projectiles de revolver en plomb nu.* Note de M. V. **Balthazard**, présentée par M. Bouchard.

L'effort des experts arquebusiers a jusqu'ici consisté, dans les enquêtes criminelles, à rechercher si les projectiles extraits des cadavres des victimes, ou retrouvés sur le sol, avaient bien été tirés avec l'arme trouvée en la possession de l'inculpé. Dans une expertise récente qui nous a été confiée, le problème se posait tout différemment : il s'agissait d'établir si deux balles en plomb nu ramassées sur un tapis, l'une le jour même d'un attentat, l'autre 3 semaines plus tard, avaient bien atteint la victime. Ces balles, n'ayant en effet pas eu une force de pénétration suffisante pour perforer les vêtements, avaient déterminé des blessures du bras à travers l'étoffe et avaient rebondi sur le sol.

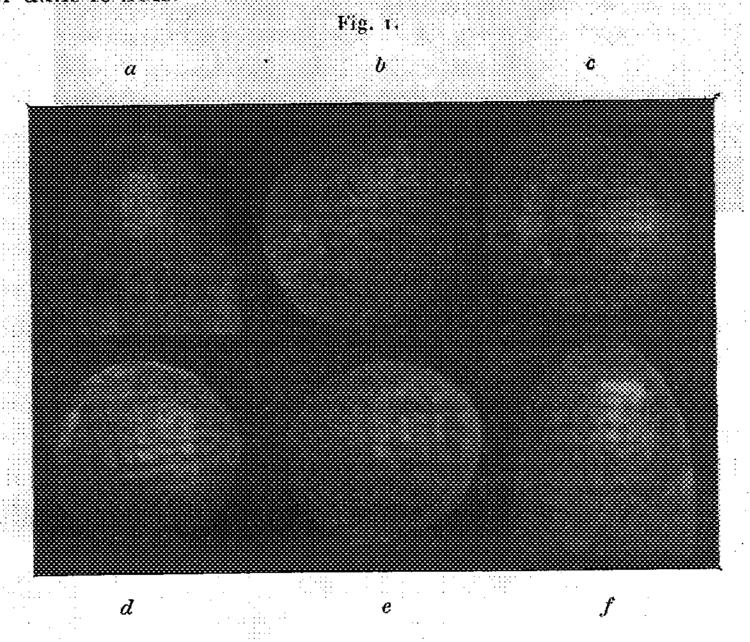
Nous avons remarqué qu'il existait sur ces balles des empreintes quadrillées laissées par la trame du tissu de la redingote, grâce auxquelles l'identification a été possible avec les empreintes analogues obtenues sur des balles tirées sur la même étoffe étalée devant une planche de sapin.

Depuis cette époque, nous avons poursuivi des recherches qui démontrent que les balles de revolver en plomb nu portent toujours la trace de la trame du tissu qu'elles ont rencontré tout d'abord, même lorsqu'elles traversent ensuite une épaisseur du corps plus ou moins considérable; une seule exception se rencontre lorsque la balle s'écrase ou se déforme sur un plan osseux, auquel cas l'empreinte du tissu peut s'effacer, au moins en partie.

Rien de plus facile en pareil cas que d'identifier l'empreinte trouvée sur la tête du projectile; il suffit d'obtenir des empreintes de comparaison en tirant des projectiles de même calibre sur l'étoffe suspectée, tendue à l'aide de punaises au-devant d'une planche de sapin soigneusement rabotée. En

pratique, les balles en plomb nu étant presque toujours du calibre 8^{mm} (n° 320, c'est-à-dire 320 millièmes de pouce anglais), nous nous sommes servi d'un revolver dit *bull-dog* et de cartouches de deuxième qualité chargées de $0^g,30$ de poudre noire; les projectiles ont une force de pénétration très minime et rebondissent sur l'étoffe, dont ils gardent l'empreinte, sans s'enfoncer dans le bois.

Fig. 1.



La figure 1 représente, avec un agrandissement photographique de trois diamètres, les trames ainsi obtenues avec des draps différents (il convient de faire remarquer que la reproduction en similigravure a singulièrement diminué la netteté et la finesse des détails).

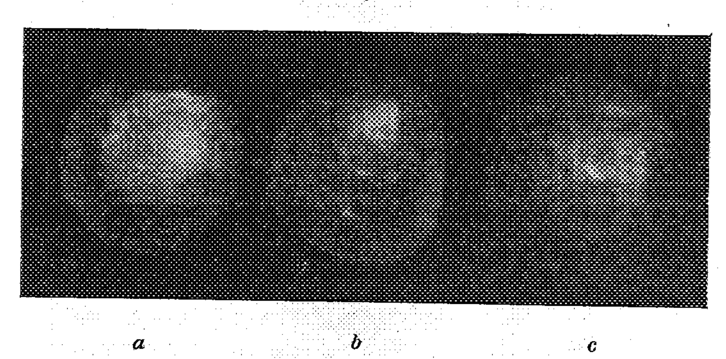
Dans les exemples que nous montrons, il s'agit de *a* à *e* de trames de draps tissés avec des fils de grosseur croissante. On voit que la distance qui sépare les sillons de l'empreinte est très différente suivant les tissus; il suffit de mesurer cet écart à l'aide d'un compas d'épaisseur muni de vernier, pour identifier ou différencier deux tissus, quant à la nature de leur trame. Il est encore plus simple de compter combien il existe de fils sur l'empreinte par centimètre, soit sur la chaîne, soit sur la trame, pour arriver au même résultat.

Dans certains cas, les différences sont telles entre la chaîne du tissu, assez solide, et la trame, très légère, qu'il en résulte une caractéristique immédiate pour le tissu. Il en est ainsi pour le velours de qualité inférieure, dit *velours frisson*, qui a donné sur une balle l'empreinte représentée en *f* sur la figure 1.

Il existe des tissus encore plus spéciaux, tels les plastrons et cols de chemise, formés de tissus superposés et à trame différentes, le tissu le plus fin se trouvant le plus

superficiel; la figure 2 montre en *a* l'empreinte produite par le choc d'une balle sur ce tissu à trame fine; en *b* est l'empreinte de la doublure. Enfin en *c* est l'empreinte obtenue par le tir d'une balle sur le plastron de chemise intact : on voit très nettement que cette empreinte est formée par la superposition des deux premières.

Fig. 2.



a *b* *c*

En appliquant cette méthode, il nous a été possible d'indiquer quel vêtement portait un individu atteint d'un coup de feu, d'indiquer parmi plusieurs orifices d'entrée de projectiles celui qui correspondait à un projectile déterminé trouvé dans un cadavre, etc.

Nous publierons ultérieurement un album d'empreintes qui rendra possible le diagnostic de la nature d'un tissu d'après l'empreinte laissée sur le projectile en plomb nu qui a frappé ou perforé ce tissu.

ZOOLOGIE. — *La reproduction sexuée chez les Actinocéphalides.* Note de MM. **P. Léger** et **O. Duboscq.**

Actuellement, on ne sait rien des phénomènes sexués qui déterminent la formation des spores chez les *Actinocéphalides* (*sensu lato*). Or ces Grégarines constituent une famille très vaste qui doit comprendre, comme nous l'avons dit (Léger et Duboscq, *Archives de Parasitologie*, 1903), non seulement les *Actinocéphalides* (*sensu stricto*) à spores biconiques lisses, mais encore les *Acanthosporides* à spores épineuses et les *Ménosporides* à spores en croissant. Ces trois sous-familles ont un ensemble de caractères communs qui définissent la famille (Polycystidées avec épimérite ordinairement armé. Sporadins solitaires. Spores fondamentalement biconiques).

L'extension que nous avons donnée au groupe des Actinocéphalides se trouve justifiée par l'étude du processus sexué. Il est le même dans ses

grandes lignes pour les représentants les plus différents des trois sous-familles, si bien qu'il suffit de le suivre chez l'une des formes les plus importantes, et d'indiquer ensuite les variantes rencontrées chez les autres.

Nous prendrons comme type *Hoplorhynchus oligacanthus* Sieb., Ménosporide dont les curieuses spores en forme de croissant semblent le plus s'éloigner de la spore biconique caractéristique des Actinocéphalides.

Deux sporadins, apparemment identiques, s'accouplent par leur protomérite et, par le processus connu, s'enferment dans un kyste sphérique dont chacun occupe un hémisphère.

En suivant *in vivo* l'évolution du kyste, on voit chaque Grégarine se découper en lobes, puis en lobules à la surface desquels les noyaux sexuels viennent faire saillie en soulevant autour d'eux une petite éminence de cytoplasme hyalin, d'abord conique, puis globuleuse : c'est le stade de perlage ou de gamètes encore indifférenciés.

Des coupes montrent que la lobulation du corps est accompagnée d'une multiplication de noyaux qui naissent par mitoses successives, aux dépens d'une petite partie de la chromatine du noyau primitif. Ces noyaux deviennent rapidement de deux sortes : les uns, peu nombreux, plus volumineux, avec un gros nucléole et un suc nucléaire clair, restent dans la profondeur où ils continuent à se diviser lentement, d'abord par mitose, puis par amitose. Nous les appelons *noyaux somatiques,* sans attacher à ce mot d'importance théorique, indiquant seulement par là qu'ils ne prennent pas part à la formation des gamètes. Les autres, plus petits, à suc nucléaire plus coloré, et à chromatine périphérique disposée en grains et bâtonnets. Ce sont les noyaux sexuels qui se multiplient activement à la surface des lobes somatiques par des mitoses typiques et donnent finalement, dans chaque Grégarine, les noyaux des gamètes.

Au cours de la gamétogenèse, on peut déjà noter des caractères cytologiques différentiels entre chaque Grégarine. La Grégarine que nous désignerons comme mâle, puisqu'elle donne seule des gamètes mobiles, a un cytoplasme plus finement granuleux, à mailles plus serrées, par cela même plus colorable que celui de la Grégarine femelle. De plus, elle se découpe toujours plus rapidement que cette dernière, et ses lobes sont plus étroits et plus flexueux.

Au stade de perlage fait suite la différenciation des gamètes, puis leur mise en liberté.

A la surface des lobules somatiques de chaque Grégarine, les éléments sexuels s'allongent quelque peu et montrent au pôle distal un prolongement rostral formé aux dépens du cône centrosomien. Chez la Grégarine femelle, ce rostre rentre ensuite en régression jusqu'à disparaître et le gamète prend sa forme globuleuse définitive, mesurant $3^{\mu},5$ de diamètre. Chez la Grégarine mâle, le rostre prend, par contre, un développement énorme, devient mobile, puis se rétracte notablement, tout en conservant sa mobilité. Le gamète mâle ou spermatozoïde se détache alors du soma et se présente comme un élément fusiforme de 6^{μ} à 7^{μ}, muni d'un long flagellum. La phase de mobilité de ces spermatozoïdes est ici de courte durée, 2 heures au plus, par une température de 18°. Il n'y a pas de mobilité du soma.

Les deux sortes de gamètes ont même cytoplasme chargé de grains de réserve et

même noyau sphérique avec un karyosome central et quatre corps chromatiques sur la paroi. Notons toutefois que chez les gamètes mâles, le noyau et le karyosome sont toujours un peu plus petits que chez les femelles.

Les copulations s'effectuent suivant le mode décrit par Léger chez *Stylorhynchus* et les copulas, d'abord piriformes, deviennent rapidement sphériques avec un synkaryon résultant de l'union des deux pronuclei de leur karyosome et de leur centrosome, mais avec huit corps chromatiques distincts.

Outre les copulas, il reste alors dans le kyste à ce moment les lobules somatiques de reliquat avec leurs gros noyaux et leur cytoplasme chargé de cristalloïdes d'excrétion, puis quelques gamètes stériles sous forme de boules flagellées qui ne tardent pas à dégénérer.

Les copulas, d'abord sphériques, se transforment progressivement en spores en croissant. Pour cela, elles s'allongent, deviennent ovoïdes, fusiformes, puis de plus en plus arquées.

Il y a donc une phase de métabolisme de la copula qui suit immédiatement la karyogamie. Et, fait remarquable, ce métabolisme éphémère conduit ici la copula à cette forme de corps en croissant qui est si constante chez tous les germes du groupe Coccidies-Grégarines. Ici, elle se trouve en quelque sorte figée dans cette forme par l'apparition de la paroi sporale rigide, et c'est seulement quand cette paroi est apparue que commence la multiplication nucléaire donnant, après trois mitoses successives, les noyaux des huit sporozoïtes.

Chez les *Actinocéphalides* (*sensu stricto*), dont la spore est biconique et lisse, nous avons étudié la sexualité dans les formes inermes (*Pileocephalus*) et armées (*Actinocephalus, Phialoïdes, Geneiorhynchus*). Chez ces divers genres, le processus se déroule dans ses grandes lignes comme chez *Hoplorhynchus*. Il y a des spermatozoïdes de deux sortes : des grands à noyau hyperchromatique, qui sont probablement stériles (cf. *Stylorhynchus*, d'après Léger), et des petits à noyau normal. Chez *Phialoïdes*, la copula, d'abord sphérique, devient légèrement arquée comme si elle devait donner une spore en croissant, puis se redresse pour atteindre la forme biconique définitive. Chez toutes ces Grégarines, les divisions nucléaires du synkaryon ne commencent pas avant que la copula ait acquis la forme définitive de la spore.

Il en est de même chez les *Acanthosporides* à spores épineuses. L'*Ancyrophora gracilis* Léger des larves de Carabides a des spermatozoïdes stériles à noyau condensé situé immédiatement sous le rostre, à côté des éléments fertiles à noyau normal. Là aussi, les copulas, d'abord sphériques, deviennent ensuite biconiques avec noyau périphérique et équatorial. Alors apparaît une première paroi ou épispore aux dépens de laquelle se forment les prolongements épineux, soit six pointes équatoriales et trois pointes polaires. Les divisions moléculaires ne commencent qu'après la différenciation de cette épispore.

On voit donc que chez les types les plus variés d'*Actinocéphalides* s. lat., le processus sexué, qui rappelle beaucoup celui des *Stylorhynchus*, se déroule avec une remarquable uniformité en présentant les caractères essentiels suivants :

1° Conjoints de même forme et de même taille, s'accouplant par leur protomérite;

2° Grégarine mâle possédant un cytoplasme plus dense et plus colorable, et se découpant plus rapidement en lobes plus flexueux que le cytoplasme de la Grégarine femelle;

3° Différenciation précoce dans les deux conjoints de noyaux somatiques et de noyaux sexuels;

4° Anisogamie bien caractérisée avec éléments mâles flagellés mobiles, et éléments femelles globuleux; deux sortes de spermatozoïdes;

5° Phase de mobilité des gamètes de courte durée et copulation suivant le type *Stylorhynchus;*

6° Copulas passant toujours par un stade sphérique et ne commençant pas sa multiplication nucléaire avant d'avoir atteint la forme définitive de la spore;

7° Reliquat somatique des Grégarines sous formes de lobules ovoïdes ou allongés, pourvus de gros noyaux et chargés des grains d'excrétion qui s'accumulent pendant la vie végétative.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques* Sertulariidæ *de la collection du British Museum.* Note de M. **Armand Billard**, présentée par M. Edmond Perrier.

J'indiquerai dans cette Note les rectifications à la description ou à la synonymie de certaines espèces auxquelles m'ont conduit mes recherches dans la collection du British Museum (1).

Après l'examen des *Sertularella cuneata* Allm. et *S. crassipes* Allm. types, je me range complètement à l'avis de Hartlaub qui considère ces espèces comme identiques au *S. arborea* Kirchenp. D'ailleurs, il n'existe aucune différence entre le *S. cuneata* et le *S. crassipes*; chez ces deux espèces le bord des hydrothèques montre quatre dents; au-dessous de ce bord se trouvent deux saillies internes déjà signalées par Ritchie pour *S. arborea.* Comme l'avait pensé Hartlaub, le *S. capillaris* Allm. est bien identique au *S. Johnstoni* Gray; j'ai pu m'en assurer en comparant les types des deux espèces; les hydrothèques de la première ont bien trois dents et non quatre, comme l'indique Allman dans son texte et dans son dessin.

(1) La plupart de ces espèces ont été décrites par Allman dans deux Mémoires parus l'un dans *Journ. Linn. Soc. London*, t. XII, 1876, p. 251-284, *Pl. IX-XXIII;* l'autre dans *Ibid.*, t. XIX, 1886, p. 132-161, *Pl. VII-XXVI.*

Je désire attirer l'attention d'une façon toute spéciale sur une forme [1] que je ne veux pas ériger en espèce nouvelle sans plus ample informé. Je la rapporterai au *Sertularia elongata* Lamx., bien qu'elle en diffère sous certains rapports. D'abord les hydrothèques presque opposées sont analogues à celles du *S. elongata* typique, mais elles sont plus larges et moins cylindriques; leur bord, au lieu de présenter six dents, en porte neuf subégales, augmentant faiblement de taille en allant de la face ventrale à la face dorsale; ensuite les gonothèques sont extrêmement allongées (4^{mm} à $4^{mm},5$), beaucoup plus que ne le sont celles du *S. elongata* typique ($1^{mm},3$ à $2^{mm},3$); de plus elles n'ont pas de pointes terminales et montrent à leur extrémité distale un orifice oblique; enfin les rameaux sont opposés et leurs points d'origine séparés par deux paires d'hydrothèques opposées, rarement par trois. Comme dans la même touffe on trouvait des *S. elongata* typiques, je me demande s'il ne s'agirait pas là d'un curieux cas de dimorphisme sexuel, et c'est ce qu'il y aurait à vérifier sur des échantillons frais ou bien conservés.

Le *Sertularia crinis* Allm., comme le montrent les échantillons types, ne diffère pas du *S. operculata* Linné; la forme des hydrothèques et des gonothèques est identiquement la même. Le *S. amplectens* Allman type est identique à l'espèce que le même auteur décrivit plus tard sous le nom de *Desmoscyphus gracilis* et qui fut rebaptisée *Sertularia Versluysi* par Nutting; Allman, dans sa description du *S. amplectens,* ne dit rien, mais à tort, de l'épaississement transverse incomplet caractéristique des hydrothèques de cette espèce. Comme je l'indiquais précédemment ici-même, le *S. Versluysi* et le *S. loculosa* doivent être considérés comme synonymes avec priorité pour ce dernier nom. Les gonothèques ♂ et ♀, en admettant que cette synonymie soit bien justifiée, ne sont pas identiques; ceci résulte des données de Warren qui figure la gonothèque ♀ du *S. loculosa,* sans parler de la gonothèque ♂, qu'il n'a sans doute pas vue; Ritchie n'a pas observé les gonothèques ♀, mais les gonothèques ♂; elles sont annelées comme les premières, mais sont pourvues de deux pointes terminales; leur forme concorde avec la figure donnée par Jäderholm pour la gonothèque de *S. amplectens* Allm.

Il n'existe pour moi qu'une faible différence entre le *S. crinoidea* Allm. type et le *S. minima* Thomps., ce dernier nom ayant la priorité; les dents

[1] Cette forme figure au British Museum avec l'étiquette *Sertularia elongata*, Bowerbank Collection (Australia) 77.5.21.111.

des hydrothèques du *S. crinoidea* sont seulement un peu plus longues et ces hydrothèques sont adnées sur toute leur hauteur, tandis que chez le *S. minima* une petite partie de l'hydrothèque est libre distalement. Le *S. unilateralis* Allm. type ne diffère pas du *S. bispinosa* Gray type; les pointes des gonothèques sont seulement plus développées.

Bien que je n'aie pas vu le *Thuiaria persocialis* Allman, l'examen du mémoire de cet auteur permet, je crois, de considérer cette espèce comme synonyme du *T. articulata* Pallas, et la présence de rameaux stoloniques n'a rien de spécifique. Le British Museum possède un échantillon du *T. Ellisii* Busk qui est très probablement le type (1); il ne diffère pas non plus du *T. articulata*.

Quelch a déjà montré avec raison que le *Thuiaria dolichocarpa* Allman est identique au *T. zelandica* Gray qui a la priorité; j'ai examiné de nouveau l'espèce type de Gray et je puis dire que le *T. hippisleyana* Allman doit aussi tomber en synonymie. Cette espèce d'Allman montre en effet tous les caractères du *T. zelandica* déjà notés par Quelch; le seul caractère différent serait la présence de dents plus nombreuses sur le bord de l'hydrothèque du *T. hippisleyana* (sept à neuf sont figurées au lieu de six); mais en admettant qu'Allman ait bien exactement représenté l'orifice des hydrothèques, Quelch nous apprend que le nombre de dents est variable chez *T. zelandica*, et ce caractère perd de son importance.

ENTOMOLOGIE. — *Recherches biologiques sur les conditions de viviparité et de vie larvaire de* Glossina palpalis *R. Desv.* Note de M. **E. Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Minchin (2) et Stuhlmann (3) ont fait connaître dans le détail l'organisation et la structure de l'appareil génital femelle des Glossines, mais peu de choses ont été tentées pour en pénétrer le fonctionnement. Quant à l'organisation digestive des larves, elle n'a été mise au jour que d'une façon très imparfaite par le dernier auteur. Nous nous sommes efforcé, dans le cours de nos recherches biologiques sur *Glossina palpalis*, de préciser ces

(1) L'étiquette est ainsi libellée : *Thuiaria Ellisii* Busk, Algoa Bay, C. G. H. 42.12.19.27. J.-S. Bowerbank, sq.

(2) Minchin, *Proc. of the roy. Soc.*, oct. 1905.

(3) Stuhlmann, *Arb. aus K. Gesundheits.*, t. XXVI, 1907.

observations : le résultat de ce travail nous a conduit aux conclusions suivantes, qui font l'objet de cette Note.

I. *Influence de la température et de l'humidité de l'air sur la ponte.* — Dans les conditions normales du laboratoire (25°-27° C. avec 70 pour 100 environ de H^2O), la ponte a lieu très régulièrement tous les 9 ou 10 jours. Lorsqu'on élève la moyenne thermique à 28° C. l'intervalle s'abaisse à 8 jours à peine; pour 30° C. il y a arrêt total dans le fonctionnement de l'appareil reproducteur; la maturation des œufs ovariens est interrompue. Étant donnée la moyenne normale (23°-25° C.) des lieux où vit la mouche, on peut dire que sa reproduction n'est possible que dans des limites de température très étroites dont les variations n'excèdent pas 5°. De même, lorsqu'on élève l'état hygrométrique (qui est normalement supérieur à 90 pour 100 dans l'habitat ordinaire de la Glossine) jusqu'à la *saturation* constante, il y a *arrêt total* de la ponte. Celle-ci cependant peut se continuer quelque temps si la Glossine a subi *au préalable,* pendant quelques jours, l'action accélératrice de la température de 28° C.

II. *Autorégulation de la gestation.* — Les œufs mûrs descendent dans l'utérus pour y être fécondés et se développer. Ce phénomène est sous la dépendance des centres nerveux de la mouche : les femelles non fécondées retiennent leurs œufs mûrs dans l'ovaire; les femelles en cours de ponte, lorsqu'on les soumet à l'action de la chambre humide, font de même; leurs œufs continuent à croître et à mûrir dans l'ovaire sans descendre dans l'utérus. De même, si des conditions défavorables atteignent la Glossine lorsqu'elle nourrit une larve, elle se débarrasse de celle-ci en l'évacuant avant terme. Les Glossines femelles peuvent donc régler directement leur propre gestation.

III. *Conditions de vie intra-utérine.* — La durée de la vie larvaire intra-utérine peut être fixée à 4 ou 5 jours à 25°-26° C. La larve subit deux mues dans l'utérus, la première très précoce, presque au sortir de l'œuf, la seconde plus tardive lorsqu'elle a acquis environ les deux tiers de sa taille. A la suite de cette dernière mue les orifices respiratoires, de superficiels qu'ils étaient à la région postérieure du corps de la larve, se trouvent portés à la face interne des protubérances arrondies qui font fortement saillie à cette extrémité caudale.

La larve est nourrie dans l'utérus maternel par la sécrétion de glandes annexes tubuleuses très ramifiées; celles-ci débouchent au sommet d'une papille conique très riche en muscles, qui représente une véritable *tétine.* L'orifice buccal est situé à proximité immédiate de cette tétine. Quant au pharynx de la larve, il est muni d'une sorte de langue musculaire contractile qui, par ses mouvements de piston à l'intérieur de la cavité buccale, permet l'aspiration du liquide nourricier. Ce produit, qui est assimi-

lable au lait chez les Mammifères, est de couleur blanche. Il renferme une petite quantité de corpuscules graisseux, mais la majeure partie en est de nature albuminoïde. Il n'est pas déversé mécaniquement à l'intérieur de l'utérus, car on n'en rencontre dans cet organe, au cours de la gestation, que des traces infimes; et l'on n'en trouve pas davantage dans l'intervalle des gestations. Il est donc *tété* directement par la larve : c'est un véritable *allaitement intra-utérin*.

Le lait absorbé est emmagasiné dans l'intestin moyen qui forme un sac volumineux clos en arrière. Les cellules de l'épithélium digestif larvaire ont elles-mêmes modifié leurs fonctions digestives et se transforment en éléments de réserve. C'est pendant la nymphose seulement que sera digérée et élaborée la plus grande partie du lait maternel.

Le rectum, qui est en continuité anatomique avec l'intestin moyen, ne communique pas avec lui. Il est égalément obturé au voisinage de l'anus, qui est ponctiforme et non fonctionnel.

La miction n'est donc pas possible pendant la vie larvaire, bien que les tubes de Malpighi soient très développés. Il est probable que le tube rectal, dont la lumière est large, ne sert plus qu'à l'accumulation des produits urinaires.

L'ensemble des modifications adaptatives réalisées dans l'appareil digestif chez les larves de Glossines est très comparable à celles que Leuckart [1] et Pratt [2] ont décrites pour les larves de Mélophages. Il y a d'ailleurs une identité très remarquable dans l'organisation et le fonctionnement de l'appareil reproducteur chez ces deux types de Diptères piqueurs. C'est là un fait de convergence particulièrement intéressant à signaler, si l'on considère les conditions de milieu et de nutrition semblables auxquelles sont soumis ces Insectes, quoiqu'ils vivent d'une vie différente et appartiennent à des groupes systématiques bien distincts. Les Mélophages, et d'une façon générale les Pupipares suceurs de sang, sont adaptés, par leur parasitisme sur des Vertébrés à sang chaud, à une température assez élevée et constante. Les Glossines, qui se nourrissent de la même manière, trouvent en dehors de leurs hôtes, en raison de leur localisation géographique, des conditions thermiques de même nature auxquelles elles sont étroitement soumises. Des influences physiologiques semblables s'expriment dans les deux cas par un mode de reproduction vivipare identique dont on ne retrouve guère d'autres exemples dans la série des Insectes.

ENTOMOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les mœurs et les dégâts de la Mouche de l'Asperge* (Platyparea pœciloptera *Schrank*) *aux environs de Paris. Insuffisance du procédé actuel de destruction.* Note de M. **P. Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Depuis l'époque récente (1902-1903) où la Mouche de l'Asperge (*Platyparea pœciloptera* Schrank) s'est signalée par ses dégâts dans les cultures

(1) Leuckart, *Die Fortpflanzung und Entwickelung der Pupiparen*, Halle, 1858.

(2) Pratt, *Arch. f. Naturgeschichte*, t. I, 1893; *Zeit. f. Zool.*, t. V, 1899, p. 66.

d'Argenteuil et des localités voisines, cet Insecte n'a cessé de causer un préjudice considérable. Actuellement, il exerce ses déprédations sur un vaste territoire au nord de Paris; nous avons, en effet, constaté sa présence dans toute la région comprise entre Bessancourt et Rueil, et entre Herblay et Rosny-sous-Bois. Au sud de la capitale, au contraire, il ne semble pas avoir fait encore son apparition.

Les premières éclosions d'adultes ont lieu généralement vers la mi-avril et coïncident avec la sortie de terre des premiers turions; mais, si un retard vient à se produire dans la végétation de la plante nourricière, comme cela eut lieu l'an dernier, on le remarque également dans l'apparition des Mouches.

L'accouplement et la ponte se poursuivent depuis cette dernière époque jusqu'à la disparition des Insectes parfaits qui survient dans la seconde moitié de juin. Ce n'est que par les mauvais temps, ou bien lorsque la température s'abaisse notablement, que les *Platyparea* restent inactifs. D'après nos observations, faites sur des Insectes maintenus en captivité, le mâle s'accouple fréquemment et une femelle déterminée peut consommer l'acte sexuel à plusieurs reprises dans la même journée, soit avec le même mâle, soit avec des mâles différents. L'accouplement se prolonge parfois pendant des heures entières.

La femelle pond au moins une soixantaine d'œufs qu'elle insère isolément, à l'aide de son oviscapte, dans les tissus gorgés de sucs des tiges en voie de croissance. Ces œufs sont déposés dans le sens longitudinal à une profondeur d'environ 1^{mm} au-dessous de l'épiderme, non seulement dans les turions venant d'émerger du sol, mais aussi dans les pousses ayant atteint un certain développement et même dans celles qui sont déjà ramifiées.

La durée de l'évolution de l'embryon est de 60 à 70 heures par une température moyenne de 14° à 16° C. Si cette moyenne vient à s'élever au-dessus de 20° (20°,5 à Paris, les 31 mai, 1er et 2 juin 1908), le développement s'accélère et s'opère en entier en moins de 48 heures.

Dans nos bocaux d'élevage, des œufs déposés dans les pousses vers la fin de mai ou le commencement de juin ont donné, en l'espace de 18 jours, des larves prêtes à se transformer en pupes. En défalquant de ce chiffre la durée du développement embryonnaire, on voit qu'il suffit d'une quinzaine de jours pour qu'une larve de *Platyparea* parvienne au terme de sa croissance. Il est remarquable qu'après avoir si rapidement parcouru les premiers stades de son existence, l'Insecte, enfermé dans son puparium, s'immobilise ensuite dans un long repos de plus de 10 mois. Cependant, les turions des cultures pourraient largement suffire à assurer, dans une même saison, le développement de deux générations, si la durée des stades pronymphal et

nymphal n'excédait pas, chez le *Platyparea,* celle qu'on observe chez tant d'autres Muscides (*Calliphora erythrocephala* Meig., *Curtonevra stabulans* Meig., *Chortophila cilicrura* Rond., etc.). Cette particularité semble indiquer que l'Insecte ne s'est pas adapté aux nouvelles conditions où il se trouve placé depuis qu'il a envahi les cultures.

La consommation du légume amène la destruction d'une grande part des couvées encore à l'état d'œufs ou de très jeunes larves; mais les œufs déposés dans les pousses restées sur pied poursuivent leur évolution et ne tardent pas à fournir des larves à toute leur taille. Il est aisé de constater que les tiges de la plante nourricière, soumises aux attaques des *Platyparea,* peuvent périr à tous les degrés de leur croissance, dès qu'elles ont atteint quelque hauteur au-dessus de la surface du sol. La résistance des pousses dépend de leur grosseur et du nombre de larves qu'elles hébergent. Ce nombre dépasse fréquemment 20 et il n'en faut pas autant pour amener la mort d'une tige de 1^{cm} de diamètre. C'est ainsi que bien des turions sont tués avant d'avoir lignifié leurs tissus périphériques. Ils se dessèchent, se réduisent à de menues brindilles qui n'attirent pas l'attention ou, si la pluie survient, ils se décomposent et disparaissent sans laisser de traces.

Dans d'autres cas, la tige continue à croître malgré la présence des larves. Elle se ramifie, acquiert ses organes respiratoires et reproducteurs, mais elle reste chétive, et son sommet jauni, desséché et recourbé en crosse, décèle la présence du parasite à son intérieur.

Enfin, d'autres tiges plus vigoureuses ou attaquées plus tardivement atteignent un développement normal et, malgré les larves parfois nombreuses qu'elles ont nourries, n'offrent aucun signe extérieur de souffrance. Celles-là, comme les précédentes et comme les tiges saines, une fois mortes, fourniront, en hiver, ces longues baguettes fichées en terre que les cultivateurs des environs de Paris désignent sous le nom de *cotons* et dont les ordonnances administratives prescrivent l'arrachage et la destruction par le feu avant le retour du printemps. On s'explique que cette mesure, n'atteignant en aucune façon les Insectes ayant vécu dans les pousses mortes de bonne heure, ne se soit pas montrée suffisamment efficace pour limiter la multiplication de l'Insecte. L'objet de la présente Note est d'attirer l'attention sur la nécessité, pour les cultivateurs, d'assurer, en outre, pendant toute la période de végétation active de la plante, la destruction des pousses qui dépérissent prématurément.

SISMOLOGIE. — *Sur une interprétation possible des ondes de la phase principale des sismogrammes*. Note de M. de Montessus de Ballore, présentée par M. Barrois.

Comme on sait, on est encore assez peu d'accord sur la nature réelle des ondes qui constituent la phase principale des tremblements de terre et se propagent sur la surface terrestre avec une vitesse constante.

Quoi qu'on en dise, les théories de Cauchy et de Wertheim restent encore les plus rationnelles malgré bien des attaques, témoin le désaccord profond des contradicteurs, et il faut, jusqu'à nouvel ordre, considérer les premiers et les seconds frémissements préliminaires comme des ondes élastiques respectivement longitudinales et transversales, mais développées dans le milieu ébranlé par le phénomène sismique initial, tandis que les ondes de la troisième phase, ou phase principale, ne sont autres que le mouvement sismique proprement dit, le seul capable d'actionner les sens de l'observateur, de renverser les édifices et de modifier le relief terrestre. Mais comment ce mouvement est-il ainsi multiple, représenté comme il semble l'être par les nombreuses ondes de cette phase principale, c'est ce qu'on ignore absolument. Ce qui a été observé au tremblement de terre du 18 avril 1906 est peut-être de nature à éclairer ce problème délicat.

D'après les observations tectonico-sismiques modernes, on est amené à considérer les grands tremblements de terre comme résultant du réajustement des blocs de la marqueterie terrestre entre les failles qui les délimitent, cela sous les efforts tectoniques tangentiels, quelle que soit d'ailleurs l'origine de ces efforts. Cette manière de voir est d'ailleurs corroborée, par exemple au Chili, par ce fait que, pour un très grand nombre de séismes, la surface ébranlée, s'étendant de part et d'autre de la Cordillère, est tout à fait hors de proportion avec l'intensité, du reste modérée, et il n'y a pour ainsi dire pas de diminution sensible à partir d'un centre : tout un tronçon de la chaîne a dû s'ébranler à la fois. Quoi qu'il en soit, le tremblement de terre de Californie semble montrer que le phénomène peut être beaucoup plus complexe.

Lors de ce grand événement, les observations directes ont mis en évidence sur près de 300^{km}, le long de la faille Steven's Creek-Portolà, un mouvement *relatif* de coulissage des deux compartiments terrestres séparés par la faille, le mouvement absolu restant inconnu. Pour déterminer ce dernier, il a fallu recourir à une revision de la triangulation, opération [1] qui

---

(1) John-F. Hayford and A.-L. Baldwin, *The earth movements in the California earthquake of* 1906. (*Coast and geodetic Survey*, Appendix n° 3 : *Report for* 1907. Washington, 1908.)

s'est faite en 1906 et 1907 et s'est trouvée notablement compliquée du fait qu'il a fallu démêler les effets des tremblements de terre du 21 octobre 1868 et du 18 avril 1906. On y est arrivé cependant et l'on a trouvé qu'à cette première date un bloc de 1000 milles carrés s'était déplacé tout entier vers le Nord, sans rotation ni distorsion appréciables. C'est bien là le cas classique simple de la théorie tectonique des tremblements de terre.

Au contraire, en 1906, les opérations géodésiques ont de tout point confirmé le résultat des observations directes faites sur le terrain; en un mot, les deux lèvres de la faille Steven's Creek-Portolà ont bien coulissé l'une par rapport à l'autre, les deux blocs se mouvant, celui de l'Ouest vers le Nord, celui de l'Est vers le Sud, mais inégalement et de telle sorte qu'une file de points équidistants, perpendiculaire à la faille antérieurement à l'événement, s'est trouvée coupée en deux tronçons et, à partir de points fixes situés à une certaine distance, s'est disposée suivant deux courbes tangentes à la faille, celle de l'Ouest concave vers le Nord, celle de l'Est concave vers le Sud. Du fait que les points restés fixes étaient peu éloignés de la faille, seulement quelques milles, et en conséquence de la forme courbe prise par les deux tronçons de la faille, il s'ensuit qu'il ne peut s'agir ici d'un simple mouvement de coulissage relatif de deux étroites et longues bandes de terrain séparées entre elles par la faille et délimitées respectivement à l'Ouest et à l'Est par deux autres failles parallèles à la première, comme le ferait facilement supposer l'idée du réajustement en bloc. Et, en effet, ce résultat assez inattendu de la triangulation est confirmé par l'étude de la répartition des dommages, qui disparaissent très rapidement de part et d'autre de la faille, tandis qu'ils auraient, à la surface des deux bandes supposées et bien délimitées, présenté une remarquable uniformité. On est donc en présence d'un mouvement réel plus complexe, à la suite duquel le terrain a dû être profondément désorganisé par suite de la proximité à la faille de deux lignes fixes de même direction et situées de chaque côté d'elle.

Or il est bien difficile d'admettre que, malgré l'hétérogénéité et le peu d'élasticité des couches terrestres externes, les points de la file considérée aient atteint d'un seul coup leur position finale, ou d'équilibre, et, vraisemblablement, ils ont dû osciller un certain nombre de fois autour d'elle. Qu'on fasse correspondre ces oscillations aux diverses ondes de la phase principale des sismogrammes, c'est là, pour le moment du moins, une interprétation plausible des faits; mais on laissera à des études directes et détaillées le soin de la confirmer ou de l'infirmer quand l'occasion s'en présentera.

SISMOLOGIE. — *Le tremblement de terre du 28 décembre 1908, enregistré à l'Observatoire Fabra (Barcelone).* Note de M. J. **Comas Sola**, présentée par M. Bigourdan.

La composante verticale du microsismographe de Vicentini, et surtout les composantes horizontales du microsismométrographe de Cancani, ont enregistré, d'une façon parfaite, le tremblement de terre qui a détruit Messine et d'autres localités italiennes. Comme l'enregistrement du Cancani a été d'une grande netteté, je rapporte ici toutes les données fournies par cet appareil.

Le frisson préliminaire a commencé à $4^h 23^m 50^s$ (t. m. de Gr.); la seconde phase (?) 2 minutes 19 secondes après.

Mais pour ce que j'appelle *seconde phase*, l'amplitude et la période des oscillations sont bien peu différentes de celles du maximum du mouvement, qui auraient commencé vers $4^h 31^m$. L'amplitude des plus grandes oscillations a été de $22'',4$ (longueur du pendule vertical, $3^m,60$; amplification des deux composantes, 17,3 fois). Après le groupe maximum, on a enregistré une douzaine de groupes d'oscillations toujours décroissantes jusqu'à 5^h environ, où le mouvement s'est confondu avec des microsismes ordinaires. Dans la composante verticale du Vicentini, le mouvement a duré 58 minutes; enfin, la période des oscillations a varié, presque toujours, entre 8 et 10 secondes, en faisant abstraction des premiers mouvements précurseurs.

Quoique l'on ne connaisse pas encore bien la position de l'épicentre de ce grand tremblement de terre, on peut admettre que sa distance à l'Observatoire Fabra, mesurée sur un arc de grand cercle de la surface terrestre, est de 1200^{km}.

Aucune des formules empiriques connues pour le calcul de la distance épicentrale, soit en considérant le commencement des grandes oscillations comme appartenant à la seconde phase, soit en les considérant comme appartenant à la troisième, ne donne correctement cette distance observée : la formule très simple de Laska : $t_2 - t_1 = d + 1$, appliquée au commencement des grandes oscillations considérées comme seconde phase, est une des plus satisfaisantes à cet égard, quoiqu'elle donne, pour la distance épicentrale, 1320^{km}, valeur notablement en excès.

La formule de Jordan, $d = 7,73\,(t_3 - t_1)$, relative à des distances inférieures à 2000^{km}, exprime la distance en kilomètres et en fonction de la différence, en secondes, entre la première phase et la troisième; ici elle donne 1094^{km}, avec une erreur par défaut un peu moindre que celle de Laska. D'ailleurs, la formule de Jordan est la seule

qui, se fondant sur la troisième phase, donne quelque satisfaction, pour ce sismogramme; les autres formules conduisent à des résultats inacceptables.

L'enregistrement très net du premier frisson montre que cet ébranlement longitudinal se propage à de bien faibles profondeurs. En effet, la flèche de la corde qui relie Messine à Barcelone, en négligeant la profondeur inconnue du foyer, ne dépasse pas 29^{km}; si nous supposons que ce foyer se trouve à 30^{km} de profondeur, la profondeur maxima traversée par les vibrations arrivées ici a été environ de 46^{km}, quantités qui sont du même ordre que celles qu'on trouve pour la profondeur de la plupart des foyers de commotion. Partant, la trajectoire de ce frisson n'a pas traversé, au moins dans sa plus grande partie, le noyau central de la Terre ou le magma intérieur, mais uniquement la lithosphère. Les mouvements précurseurs de la première phase peuvent donc se propager, même pour des épicentres très lointains, le long de la croûte terrestre et non suivant la corde, idée déjà soutenue par M. Rizzo, directeur de l'Observatoire sismique de Messine, en discutant surtout le tremblement de terre de Calabre du 23 octobre 1907.

Il faut rappeler aussi que les microsismes, sur lesquels j'ai eu récemment l'honneur d'adresser une Note à l'Académie, ont continué, pendant les mois d'octobre, novembre et décembre, avec une fréquence et une intensité exceptionnelles, généralement avec la plus complète indépendance apparente par rapport aux variations atmosphériques. Plusieurs heures avant les grandes secousses d'Italie, les microsismes étaient ici très faibles et rares; après les grandes oscillations, les microsismes ont repris lentement toute leur intensité primitive et ont continué, presque sans arrêt, pendant deux jours entiers. Plus récemment, ils ont été très faibles, mais montrent une recrudescence notable le 7 janvier. Dans ma Note citée, je disais que les changements de pression atmosphérique pourraient bien être parfois une cause de production ou de déclenchement des microsismes. Peut-être on pourrait rapprocher ce que je disais alors du désastreux tremblement de terre de Messine, puisque les plus fortes secousses ont eu lieu précisément quand une baisse barométrique couvrait presque toute l'Europe.

M. **Darget** adresse une lettre relative à la Note de M. *G. de Fontenay*, parue dans les *Comptes rendus* du 11 janvier sous le titre : *Action de l'encre sur la plaque photographique.*

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **Louvel** adresse des *Recherches théoriques et pratiques sur les nombres premiers.*

(Renvoi à l'examen de M. Humbert.)

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Botanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante, par suite de l'élection de M. *Ph. van Tieghem* aux fonctions de Secrétaire perpétuel.

En première ligne.................... M. **Mangin.**

En seconde ligne, par ordre alphabétique.... MM. **Bureau.** **Costantin.** **Dangeard.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures un quart.

G. D.

ERRATA.

(T. CXLVII, Séance du 28 décembre 1908.)

Note de MM. *A. Guntz* et *W. Broniewski*, Sur la résistance électrique des métaux alcalins, du gallium et du tellure :

Page 1475, deuxième ligne, *au lieu de* méthode de Rengade, *lisez* méthode de Hackspill.

Page 1475, ligne 12, *au lieu de*

$$r_t = (2F + T) \times \text{const.},$$

lisez

$$r_t = (2F + T)\,T \times \text{const.}$$

Page 1476, ligne 4, *au lieu de* au-dessus, *lisez* au-dessous.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JANVIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Présentation des Tomes XI et XIII des* Annales de l'Observatoire de Nice. Note de M. **Bassot.**

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie deux nouveaux Volumes des *Annales de l'Observatoire de Nice*, les Tomes XI et XIII (1er fascicule).

En tête du Tome XI figure une courte Notice sur notre regretté Confrère, Raphaël Bischoffsheim, avec son portrait en frontispice. M. Liard, vice-recteur de l'Université de Paris, a écrit cette page pour rendre un hommage à la mémoire du créateur de l'Observatoire de Nice, en même temps un des bienfaiteurs de l'Université de Paris, à laquelle il a légué ce magnifique établissement.

Le Tome XI comprend les quatre Mémoires suivants :

1° Détermination de la vitesse de la lumière, d'après les observations exécutées, entre l'Observatoire de Nice et le mont Vinaigre, par MM. Perrotin et Prim, par la méthode de la roue dentée;

2° Les observations méridiennes faites au Cercle Brunner en 1891 et en 1892, par MM. Jabely, Simonin, Colomas, Giacobini et Prim;

3° Les observations équatoriales et méridiennes concernant la planète Éros, faites par MM. Perrotin, Javelle, Charlois, Prim et Simonin;

4° Le troisième Catalogue de nébuleuses découvertes avec le grand équatorial de Nice par M. Javelle, portant à 1469 le nombre des nébuleuses dont la découverte est due à cet astronome.

Je signalerai particulièrement le Mémoire sur la détermination de la vitesse de la lumière. Les conclusions de ce travail ont été établies

par MM. Simonin et Prim. Le résultat adopté est, pour la vitesse de la lumière dans le vide,

$$V = 299\,901^{\text{km}} \pm 84^{\text{km}}.$$

Ce nombre est très voisin de ceux qui ont été obtenus en Amérique par la méthode du miroir tournant à grande distance : le premier, dû à Michelson en 1879, est

$$299\,910^{\text{km}};$$

le second, dû à notre confrère M. Newcomb en 1882, est

$$299\,860^{\text{km}}.$$

Le Tome XIII est consacré à la Météorologie : ce premier fascicule comprend sept années d'observations (1901 à 1907), présentées sous un mode nouveau de publication, qui a permis de rassembler sur deux pages, qui se font face, les observations d'un même mois et d'embrasser ainsi d'un coup d'œil toutes les données météorologiques de ce mois.

L'étude du magnétisme terrestre qui figurait dans les Tomes précédents a dû être abandonnée à la suite de l'installation, dans le voisinage de l'Observatoire, de lignes de tramways électriques, mus par des courants à haute tension sans fil de retour.

ASTRONOMIE. — *Réunion du Comité international permanent de la Carte du Ciel.* Note de M. **B. Baillaud.**

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau de l'Académie les premiers documents relatifs à la réunion du Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel, qui se tiendra à l'Observatoire de Paris du 19 au 24 avril 1909.

La lecture de ces documents ne peut laisser de doute sur l'importance de cette réunion.

L'Académie a contribué, par la présence de bon nombre de ses membres, au succès des réunions précédentes. Je viens, comme directeur de l'Observatoire et président du Comité international permanent, lui demander de continuer, à tous points de vue, sa plus bienveillante et efficace intervention.

L'importance de l'entreprise grandiose due à l'initiative de l'amiral Mouchez s'est sensiblement accrue par suite des travaux provoqués par la découverte de la planète Éros. Le Bureau du Comité permanent, sous la

présidence de mon illustre prédécesseur M. Lœwy, a centralisé la publication des observations visuelles ou photographiques de cette planète. Les discussions auxquelles ces observations ont donné lieu ont conduit à des résultats de la plus haute importance, qui finalement aboutiront à une augmentation très sensible de la précision des travaux astronomiques.

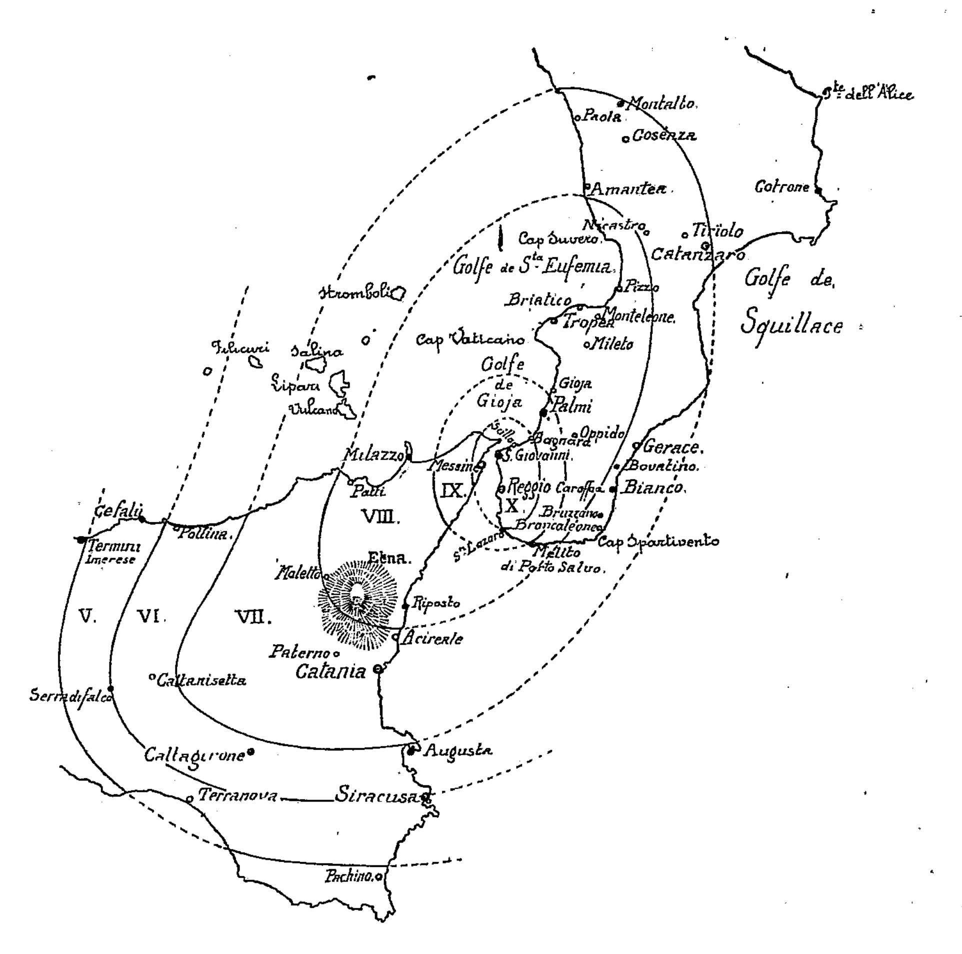
La prochaine réunion du Comité permanent aura pour tâche essentielle d'assurer l'achèvement dans le plus bref délai possible de la Carte du Ciel et du Catalogue, d'arrêter les mesures les plus propres à augmenter la précision et d'organiser les travaux qui prépareront la meilleure utilisation des observations d'Éros lors de son apparition exceptionnellement favorable en 1931.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Résumé de quelques observations de M. A. Riccò sur le tremblement de terre de Sicile et de Calabre du* 28 *décembre* 1908. Note de M. **A. Lacroix.**

M. A. Riccò, le savant directeur de l'Observatoire astronomique et géodynamique de Catane, a bien voulu me faire part des résultats de sa première exploration des régions siciliennes et calabraises dévastées par le tremblement de terre du 28 décembre dernier. Bien qu'il se réserve de publier ultérieurement ses observations, M. Riccò m'a autorisé à communiquer à l'Académie quelques renseignements préliminaires sur la distribution géographique des effets du désastre.

Ce nouveau séisme dévastateur n'a été accompagné d'aucune manifestation particulière des volcans voisins (Etna, Stromboli); il doit donc, comme les précédents, avoir une origine tectonique. Il a affecté la région généralement atteinte par les innombrables tremblements de terre de la Calabre et du Messinese, qui sont en relation évidente avec la faille étudiée jadis par Cortese, faille passant par le détroit de Messine, longeant le côté nord de la pointe de la Calabre et se prolongeant vers le Nord-Nord-Est par la vallée de Mesima, entre les massifs anciens du Capo Vaticano et de la Serra San-Bruno. Mais la caractéristique du récent séisme est que sa zone épicentrale se trouve dans le détroit de Messine même; la Carte ci-contre donne une première approximation de l'étendue et de la disposition de cette zone épicentrale et des zones d'intensité décroissante du phénomène, exprimées en fonction de l'échelle de Mercalli.

Je donnerai pour chacune d'elles quelques localités caractéristiques dont les principales ont été indiquées sur la Carte ci-dessous.



X. *Destruction complète.* — Cette zone épicentrale, dans laquelle se trouvent les villes plus ou moins entièrement ruinées (Messine, Reggio, Villa San-Giovanni, Cannitello, Scilla, Bagnara, etc.), mesure environ 40^{km} de plus grand axe.

IX. *Secousses désastreuses, quelques victimes.* — 70^{km} de plus grand axe. En Sicile : S.-Teresa di Riva et Milazzo. En Calabre : Rosano, Melito di Porto-Salvo.

VIII. *Secousses ruineuses, peu de victimes.* — 180^{km} de plus grand axe. En Sicile : Patti et Zafferana. En Calabre : Palizzi et Nocera.

VII. *Secousses extrêmement fortes, légers dommages.* — 300^{km} de plus grand axe. En Sicile : Caltanissetta et Augusta. En Calabre : Cosenza et Montalto.

Pour les régions ébranlées par des secousses moins intenses, qui n'ont pas causé de dommages, les renseignements suivants ne concernent que la Sicile :

VI. *Secousses très fortes.* — Pollina, Serradifalco, Syracuse.

V. *Secousses fortes* (oscillation des objets). — Termini-Imerese, Pachino.

IV. *Secousses médiocres.* — Palerme, Corleone, Cattolica-Eraclea.

III. *Secousses légères.* — Marsala.

Le raz de marée, dont l'action a encore augmenté les désastres dus au tremblement de terre, a été ressenti sur la côte occidentale de la pointe de la Calabre et sur sa côte méridionale, jusqu'à Gerace; sur la côte nord de la Sicile, jusqu'à Termini-Imerese et jusqu'à Syracuse, sur sa côte orientale. La hauteur de la vague a été sur la côte de Calabre, de $3^m,80$ à Villa San-Giovanni, de $3^m,25$ à Reggio et davantage à Melito, Pellaro et Lazzaro; sur la côte de Sicile, de $2^m,30$ à Messine, de 6^m à Giardini au pied du rocher de Taormina et à Riposto, enfin de $2^m,70$ à Catane.

Le phénomène a commencé par un retrait de la mer, qui s'est précipitée ensuite avec une grande violence sur le rivage. A la station du chemin de fer de Reggio, situé près du bord de la mer, l'eau est sortie du sol en jets doués d'une grande force; ce fait s'explique aisément par le choc de la vague sur le sol imbibé d'eau.

A Messine, les quais se sont écroulés sur 100^m de longueur; le reste s'est affaissé en s'inclinant vers la mer. Au marché au poisson notamment, le sol, qui était à 2^m au-dessus du niveau de la mer, est aujourd'hui immergé.

La nouvelle jetée de Reggio s'est abaissée, de telle sorte que son extrémité est actuellement sous l'eau. Plusieurs édifices voisins du ferry-boat se sont tassés d'une façon notable.

Enfin des sondages préliminaires semblent indiquer des variations de fond dans le détroit de Messine.

Des sondages et des nivellements de précision vont être entrepris par les services italiens compétents, afin de déterminer s'il y a eu un véritable abaissement orogénique du sol ou s'il ne s'agit pas plutôt, en ce qui concerne la côte, de simples glissements des terrains alluvionnaires, sur lesquels sont bâtis les quais des deux villes détruites (1).

---

(1) Sans vouloir préjuger de cette question, je rappellerai que, quelques jours après le tremblement de terre du 8 septembre 1905, j'ai eu l'occasion de constater sur la côte nord de Stromboli la production de fentes profondes suivant le bord des falaises, fentes accompagnées d'éboulements locaux; peut-être s'est-il produit quelque chose d'analogue à Messine et à Reggio, sans qu'il y ait eu véritable affaissement généralisé du sol.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur une Algue fossile du Sinémurien.* Note [1] de M. P. FLICHE, communiquée par M. R. Zeiller.

On a rapporté aux Algues d'assez nombreux corps ou empreintes trouvés dans le Lias, mais ne présentant pas de matière organique, ne ressemblant à aucun des types vivants de la classe; ils sont d'attribution plus que douteuse et on les range généralement aujourd'hui dans ce qu'on appelle fort justement les *corps problématiques,* lesquels paraissent être, le plus souvent, quand ils proviennent d'êtres vivants, des pistes d'animaux marins. Cela donne un très réel intérêt à une Algue, à structure conservée, trouvée par M. Joly, préparateur au Laboratoire de Géologie de l'Université de Nancy.

Deux échantillons ont été recueillis dans le Sinémurien supérieur de Rimogne (Ardennes); ils sont contenus dans un calcaire gris, compact, dur, à grain assez fin, contenant, en dehors du fossile dont la description va suivre, quelques autres débris charbonneux indéterminables, mais, très probablement, fragments de la même espèce ou d'une autre Algue. Les fossiles eux-mêmes sont visiblement des portions d'une plante de beaucoup plus grande taille, car, chez les deux, on observe à la base un fragment d'axe de section elliptique mesurant 3^{mm} de petit diamètre, 5^{mm} de grand; cet axe porte une portion de rameau, mesurant 4^{cm} de longueur sur l'un, 55^{mm} sur l'autre; celui-ci paraît avoir été cylindrique ou à peu près, et le diamètre mesure 1^{mm} environ; il porte d'un seul côté des corps elliptiques de 7^{mm} de longueur et de $2^{mm},5$ de largeur maximum; ceux qui sont le mieux conservés présentent une surface chagrinée par suite de la présence à leur surface de petites saillies hémisphériques.

Deux fragments d'axe, traités par les oxydants pour les éclaircir, ont fourni d'excellentes préparations à structure parfaitement conservée. Celle-ci est purement parenchymateuse et montre un tissu de cellules plus ou moins rectangulaires, présentant leur plus grande dimension dans le sens vertical, tout à fait analogue à celui qu'on rencontre chez certaines Fucacées : ainsi *Fucus, Halydris.* Une préparation faite sur un fragment des corps elliptiques a donné de moins bons résultats, mais a fourni cependant quelques fragments de parenchyme à cellules plus courtes, de forme plus irrégulière.

De tout ce qui vient d'être exposé, il résulte qu'on est en présence d'une plante purement cellulaire, que cette plante est une Algue et que celle-ci est une Fucacée : non seulement les caractères du parenchyme constituant la plante, mais les corps elliptiques qu'elle porte, avec leur surface complètement analogue à ce qu'on observe sur les fructifications de ces Algues, conduisent à cette conclusion.

---

(1) Reçue dans la séance du 18 janvier 1909.

Parmi les genres appartenant à cette sous-classe, ceux qui ont avec le fossile les plus grandes analogies sont des types qui appartiennent aujourd'hui à la portion australe de l'océan Pacifique, aux eaux baignant les côtes de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, et qui portent, en série, sur les bords du thalle, tantôt d'un seul côté, tantôt de deux, des fructifications analogues de forme, quelquefois de taille, avec ce qu'on observe sur le fossile : *Scythothalia dorycarpa* Grev. d'Australie, *Marginaria Urvillei* Kütz. de la Nouvelle-Zélande, *Seiroccocus axillaris* Grev. d'Australie. C'est avec la première espèce que, par la forme arrondie des diverses portions de son thalle, par la forme et les dimensions de ses fructifications, le fossile a la plus grande ressemblance; mais, par l'unilatéralité de ses fructifications, il se rapproche plutôt du dernier. Ce sont de simples analogies que je signale : avec des restes aussi incomplets, il ne saurait être question d'une identification générique. Je donnerai donc au fossile un nom de genre spécial faisant allusion au terrain dans lequel il a été trouvé, et un nom spécifique rappelant le genre actuel avec lequel les ressemblances extérieures sont le plus grandes; nous aurons ainsi le *Liasophycus scythothalioides,* qu'on peut caractériser comme suit : Algue au moins assez grande, peut-être même grande, à thalle ramifié, la partie principale et les rameaux de forme cylindrique, ces derniers portant d'un seul côté des fructifications de forme elliptique. Cette unilatéralité des organes reproducteurs ne persisterait peut-être pas si nous avions une plante complète; elle est cependant probable puisqu'elle se manifeste sur les deux échantillons.

L'Algue de Rimogne est non seulement la première plante de cette classe signalée dans le Lias; elle est encore, à ma connaissance, la plus ancienne Fucacée à structure conservée connue à ce jour, car celles que j'ai signalées dans le Trias n'avaient pu être étudiées que macroscopiquement. Elle est intéressante encore à un autre point de vue : en même temps qu'elle est à structure conservée, les différentes parties de son corps ont gardé leur forme, n'ont point été sensiblement écrasées; ce double fait a lieu de surprendre chez un végétal cellulaire appartenant à ces groupes dont les tissus sont si facilement altérables après la mort de la plante. Il s'explique, me semble-t-il, par le mode assez spécial de fossilisation qu'elle a subi.

Lorsqu'on traite par l'acide azotique une portion du fossile complètement isolée de la roche encaissante, on obtient une très vive effervescence qui prouve qu'il est très fortement incrusté de carbonate de chaux. Cette substance n'a pas dû être aussi abondante et normale durant la vie de la plante; le groupe d'Algues auquel appartient la plante fossile et la présence de la

matière organique en assez grande quantité le prouvent surabondamment. C'est donc par une pénétration abondante et rapide de carbonate de chaux, alors que les tissus étaient peut-être encore vivants et dans tous les cas en parfait état, que ceux-ci se sont incrustés et conservés sans que la matière organique ait été complètement remplacée, comme c'est le cas chez de nombreux fossiles calcifiés ou, plus fréquemment, silicifiés.

En terminant cette Note, je tiens à adresser mes bien vifs remercîments à M. Joly qui m'a communiqué les matériaux utilisés, à M. P. Guinier qui m'a assisté dans mon travail, et à M. Bornet qui m'a, une fois de plus, fait profiter de sa profonde connaissance des Algues vivantes.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la dixième campagne de la* Princesse-Alice II. Note de S. A. S. **Albert Ier**, Prince de Monaco.

Ma dernière campagne, réalisée en 1908 sur la *Princesse-Alice*, comprend deux séries, la première dans la Méditerranée, la seconde dans l'Océan. Elle s'est développée depuis Monaco et la Corse jusqu'au Havre d'abord et jusqu'à Drontjhem en Norvège plus tard, avec les opérations suivantes :

Treize sondages en eau profonde qui atteignent 4940m et dont huit complets pour la série des observations océanographiques.

Quatre lancements de chaluts à plateaux ou à étriers jusqu'à la profondeur de 1185m qui ont fourni principalement des Actinies, des Alcyonnaires, des Brachiopodes et des Gastéropodes; de nombreux Crustacés (dont quatre *Plesiopenæus Edwardsianus*), des *Pandalus, Nephrops norvegicus, Pentacheles, Pagures* et *Geryons*; des Spongiaires, des Mollusques, des Galathées et des Poissons (*Hoplostethus* et *Macrurus*) vers 749m; des *Pheronema,* de petites Actinies, des Hydraires, des Polypiers, des *Scalpellum,* des *Ergasticus* et des *Bathypterois dubius* au delà.

Trois descentes de nasses en eau profonde, dont l'une, non loin de Gibraltar et du Portugal, capturait, à 1444m, 335 Crevettes (*Heterocarpus Grimaldii*), 111 Poissons (*Simenchelys parasiticus*) et quelques autres; tandis que la deuxième rapportait de 1185m, dans une fosse reléguée du Sognefjord, seulement une Crevette (*Pandalus*) et une Méduse bathypélagique (*Periphylla*). Mais les amorces étaient complètement rongées par des Amphipodes dont quelques individus restaient pris dans les petites nasses intérieures.

Quatre descentes de palancres en eau profonde jusqu'à 1660m qui ont procuré 18 *Centroscymnus Coelolepis,* dont une femelle avec fœtus, et un *Centrophorus squamosus* de 1m,33.

Six descentes du grand filet vertical jusqu'à la profondeur de 4800m ayant donné

ensemble une quantité considérable d'animaux bathypélagiques qui appartiennent aux groupes suivants :

Cœlentérés (Méduses, Béroés, Siphonophores).

Némertiens (quatre spécimens d'un Ver brunâtre rencontré pour la première fois).

Annélides polychètes, *Tomopteris,* Alciope, etc.

Chitognathes, Ptéropodes, Hétéropodes, Céphalopodes (formes transparentes).

Crustacés (Copépodes, Ostracodes, Isopodes, Amphipodes, Schizopodes, Macroures dont quelques-uns à organes lumineux noirâtres).

Poissons (Cyclothone, Microdon, Stomias, Scopélidés, larves, un *Paralepis coregonoides* pris comme en d'autres occasions par le filet envoyé très près du fond).

Le filet vertical s'est montré encore une fois le plus utile des appareils dont je dispose pour élucider certains problèmes de la biologie marine, en permettant de reconnaître quelques-uns des liens qui existent entre les faunes cantonnées à des niveaux différents.

Vingt descentes de trémails, principalement dans les fjords de Norvège.

Soixante-cinq opérations avec le filet fin du Dr Richard pour l'étude du Plankton.

Enfin, on a harponné deux Cétacés (*Globicephalus melas*) dont l'un portait des Amphipodes parasites (*Cyamus*) et mesurait $4^{m},50$. L'autre, porteur de Cirrhipèdes parasites sur ses nageoires, était en outre muni d'un fœtus de $1^{m},63$.

Cette campagne constitue la dix-neuvième de mes croisières scientifiques pendant lesquelles le nombre des stations a atteint 2807. Le temps que j'ai passé à la mer pour ces travaux forme un total de 6 années environ.

M. **Fridtjof Nansen** adresse une lettre dont M. le Secrétaire perpétuel donne lecture et dont voici un extrait :

Lysaker, 20 janvier 1909.

Monsieur le Secrétaire perpétuel,

J'ai l'honneur d'appeler la bienveillante attention de l'Académie sur un projet d'exploration polaire élaboré par mon compatriote, le capitaine Roald Amundsen.

Le programme de son nouveau voyage comporte une dérive à travers le bassin arctique, comme celle que j'ai accomplie sur le *Fram* de 1893 à 1896.

L'expédition, après avoir doublé le cap Horn et traversé le Pacifique, partirait de la pointe Barrow sur la côte nord de l'Alaska et se laisserait ensuite entraîner avec les glaces portées par les vents et le courant qui pousse vers le Nord-Ouest.

On sortirait ensuite du bassin arctique suivant les circonstances dans le nord du Spitzberg ou dans le nord-est du Groënland.

La durée de l'expédition serait de 5 à 7 ans.

Elle aurait pour objet l'étude scientifique du bassin polaire. Par une suite de sondages exacts pris pendant toute la durée de l'expédition, le capitaine Amundsen a l'intention d'étudier les détails du relief de ce bassin polaire.

En employant les lourds sondeurs de construction moderne, on pourra non seulement étudier la couche supérieure des sédiments du fond, mais aussi les couches plus profondes et, par là, déterminer les conditions spéciales de la sédimentation depuis de lointains âges géologiques, dans ce bassin fermé et couvert de glaces où les conditions physiques sont si particulières.

Avec les dragues et le chalut, le capitaine Amundsen compte réunir une collection intéressante de la faune qui peut exister au fond de cette mer qui, hiver comme été, est couverte de glaces et qui pour cette raison n'offre à sa surface presque aucune trace de plankton végétal, les rayons du soleil étant pour la plupart absorbés par la glace avant d'atteindre l'eau située en dessous.

Pour cette même raison, les conditions biologiques qui règnent au fond de la cuvette polaire doivent être très particulières et toutes différentes de celles que nous connaissons dans les autres mers; car presque aucun reste de plankton végétal ne tombe au fond pour servir d'aliment aux animaux marins.

Pour l'étude de la physique de la mer, la dérive avec la banquise que projette le capitaine Amundsen le placera dans des conditions spécialement favorables et son plan est surtout de s'occuper de cette étude.

De la glace polaire on pourra étudier le mouvement des couches d'eau à n'importe quel moment du jour et de l'année et l'on pourra déterminer leurs différentes phases et périodes. Non seulement les courants permanents et changeants des différentes profondeurs pourront être reconnus, mais aussi le pouvoir du vent de former des courants, et la profondeur et la direction de ceux-ci. L'influence de la rotation terrestre sur cette direction, la marche des ondes de la marée et les courants qu'elle occasionne dans les différentes couches d'eau pourront être suivies pour la première fois en pleine mer : problème encore irrésolu, qui est d'un grand intérêt au point de vue théorique ainsi que pratique.

Il est aussi dans le projet d'Amundsen de faire des observations continuelles de la température de l'eau, ainsi que de la salinité et du poids spécifique, à toutes les profondeurs entre la surface et le fond de la mer.

Une recherche qui intéresse aussi l'Océanographie, ce sera l'étude des gaz contenus dans l'eau de mer aux différentes profondeurs.

L'apparition de la vie animale ou végétale dans les différentes couches entre la surface et le fond sera aussi étudiée attentivement avec les filets à fermer modernes.

Cet exposé est sûrement suffisant pour montrer quelle grande importance une expédition organisée d'après le plan d'Amundsen aura pour l'Océanographie en général, la glace flottante offrant de grands avantages pour l'étude des problèmes marins qui ne peuvent que difficilement se résoudre ailleurs.

Outre ces recherches océanographiques, le capitaine Amundsen pense aussi naturellement faire des observations météorologiques régulières et approfondies durant toute la durée de l'expédition, et avec les instruments les meilleurs; de plus aussi des observations magnétiques, d'aurores boréales, etc.

L'importance de telles recherches, continuées sans relâche pendant un si long laps de temps, est d'autant plus évidente qu'elles seront dirigées par un observateur aussi consciencieux et minutieux qu'Amundsen.

Il est inutile que j'insiste sur l'intérêt scientifique de cette nouvelle entreprise norvégienne dans l'Arctique, l'Académie l'appréciera elle-même, et j'attacherais un prix particulier à ce qu'elle consentît à examiner le projet du capitaine R. Amundsen.

Agréez, Monsieur le Secrétaire perpétuel, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

M. Giovanni Schiaparelli fait hommage à l'Académie de deux brochures intitulées : *I primordî dell'Astronomia presso i Babilonesi* et *I progressi dell'Astronomia presso i Babilonesi*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Botanique, en remplacement de M. *Ph. van Tieghem*, élu Secrétaire perpétuel.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 58,

M. Mangin	obtient.	32 suffrages
M. Costantin	»	21 »
M. Bureau	»	2 »
M. Dangeard	»	2 »

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Mangin**, ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. W. **Kilian**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture d'un Rapport communiqué par M. le Ministre de l'Instruction publique, dont voici un extrait :

M. Auzouy, Chargé d'affaires de la République française,
A M. Stephen Pichon, Ministre des Affaires étrangères,

Christiania, 18 décembre 1908.

Deux hommes se partagent en ce moment l'intérêt et la sympathie du monde savant et du grand public : Isachsen et Amundsen. Le premier va entreprendre, dans quelques mois, un voyage d'exploration au Spitzberg. Le second compte partir, en 1910, pour un voyage dans les régions polaires, qui ne durera pas moins de 7 années.

Le but d'Isachsen est de dresser la Carte de la partie nord-ouest du Spitzberg, la seule qui puisse être l'objet d'une exploitation industrielle, et d'étudier, d'une manière complète, la géologie, la flore et la faune de cette région.

Jusqu'à ce jour, la Suède a plus fait que la Norvège pour l'exploration scientifique du Spitzberg. L'expédition d'Isachsen est destinée à rétablir jusqu'à un certain point l'équilibre, au profit de la Norvège. Aussi les Norvé-

giens s'y intéressent-ils vivement. On peut être assuré que rien ne sera négligé pour que cette expédition donne les résultats qu'on en attend. Isachsen se réservera, plus spécialement, les travaux topographiques ; il sera accompagné de spécialistes chargés d'étudier la géologie, la paléontologie, la faune et la flore de la région qu'il s'agit d'explorer. Le capitaine Isachsen pense que les deux étés de 1909 et 1910 lui suffiront pour mener à bien la tâche qu'il a entreprise.

L'expédition projetée par Amundsen, quoique d'une moindre utilité pratique pour la Norvège, soulève encore plus d'enthousiasme que celle d'Isachsen. Le célèbre explorateur a exposé son plan, dans une conférence qu'il a faite à la Société de Géographie, en présence du roi.

Son but n'est point d'atteindre le pôle, mais d'explorer le bassin polaire et de se livrer à des études océanographiques, singulièrement plus faciles dans les mers glacées que dans les mers libres. L'étude de la profondeur, de la constitution des fonds marins, de leur faune et de leur flore; des marées, de l'influence du vent sur les courants; enfin l'étude des aurores boréales feront l'objet des travaux auxquels Amundsen va se livrer, 7 années durant.

C'est au début de 1910 que le célèbre explorateur compte s'embarquer à bord du *Fram*, pour se rendre dans les régions polaires, en passant par le cap Horn et gagnant la mer de Behring. Il cherchera l'endroit le plus favorable pour pénétrer vers le Nord et, une fois le *Fram* définitivement emprisonné dans les glaces, il commencera ses travaux océanographiques. D'après ses calculs, fondés sur les observations de Nansen, le mouvement des glaces l'entraînera probablement toujours plus avant dans les régions boréales.

La presse s'attache à faire ressortir le grand intérêt que présente pour la Norvège l'expédition entreprise par Isachsen dans un pays que les Norvégiens sont assez portés à considérer comme leur et auquel ils paraissent tenir d'autant plus que les Suédois semblent leur disputer les droits qu'ils veulent y faire valoir.

Dans la pensée des Norvégiens, si l'expédition d'Amundsen est destinée à jeter un nouveau lustre sur le jeune royaume indépendant, l'expédition d'Isachsen a pour but de donner à la Norvège de nouveaux titres sur un pays qu'elle considère comme une dépendance géographique de son domaine.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de

Physique générale et expérimentale, vacante au Collège de France par suite du décès de M. *E. Mascart.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

Leçons élémentaires de Microbiologie générale, professées à l'École nationale d'Agriculture et de Médecine vétérinaire de Lima, par M. Emm. Pozzi-Escot. (Transmis par le Chargé d'affaires de la République française du Pérou.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la déformation des surfaces à courbure négative.* Note de M. **E. Goursat**, présentée par M. E. Picard.

Dans un Mémoire *Sur la théorie des caractéristiques* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse,* 1906, p. 427-475), j'ai montré que toute intégrale d'une équation aux dérivées partielles du second ordre, passant par une caractéristique donnée, admet, en général, un certain nombre de points singuliers *mobiles* sur cette caractéristique. Ces points singuliers sont les pôles des intégrales d'une équation de Riccati facile à former et liée à la caractéristique étudiée. Je me suis proposé d'appliquer cette théorie générale au problème de la déformation des surfaces *à courbure négative*, et j'indiquerai brièvement les résultats.

On sait que les caractéristiques de l'équation aux dérivées partielles du problème de la déformation correspondent aux lignes asymptotiques des surfaces intégrales (Darboux, *Leçons sur la théorie générale des surfaces,* t. III, livre VII, chap. IV et V). D'une façon plus précise, étant donnée sur une surface S une courbe Γ, on peut déformer cette surface, et cela d'une infinité de manières, de façon que cette courbe Γ devienne une ligne asymptotique de la surface déformée; la courbe Γ_1 sur laquelle vient s'appliquer la courbe Γ après la déformation est complètement définie de forme, car on connaît le rayon de courbure et le rayon de torsion en fonction de l'arc. Cette courbe Γ_1 étant supposée connue, le problème proposé revient à étudier les surfaces déformées *dans le voisinage de cette courbe* Γ_1. Pour

cela, supposons la portion de surface S voisine de Γ rapportée à un système de courbes coordonnées, formé par les lignes géodésiques orthogonales à Γ et les courbes parallèles à Γ; on a, dans ce système,

$$ds^2 = du^2 + C^2 dv^2, \tag{1}$$

la courbe Γ ayant pour équation $u = 0$. Si l'on a pris pour la variable v l'arc de la courbe Γ, $C(u, v)$ se réduit à l'unité pour $u = 0$. Désignons par $C_1(v)$, $C_2(v)$, $C_3(v)$ les fonctions de v qu'on obtient en faisant $u = 0$ dans les trois dérivées partielles $\frac{\partial C}{\partial u}$, $\frac{\partial^2 C}{\partial u^2}$, $\frac{\partial^3 C}{\partial u^3}$; nous supposerons, pour fixer les idées, que ces fonctions sont régulières dans un intervalle (a, b), a et b étant les valeurs de v qui correspondent aux extrémités A et B de l'arc de courbe Γ. La fonction $C_1(v)$ représente la courbure géodésique de Γ, tandis que $-C_2$ est égal à la courbure totale de la surface en un point de Γ. Puisque la surface est à courbure totale négative, on a $C_2 > 0$ tout le long de Γ.

L'équation aux dérivées partielles du problème de la déformation est, avec ce système de coordonnées (Darboux, *loc. cit.*, p. 262),

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} &C(rt - s^2) + r\left(C^2 \frac{\partial C}{\partial u} p - \frac{\partial C}{\partial v} q\right) + 2qs \frac{\partial C}{\partial u} \\ &- C^2 \frac{\partial^2 C}{\partial u^2} p^2 - q^2 \left[\frac{\partial^2 C}{\partial u^2} + \frac{1}{C}\left(\frac{\partial C}{\partial u}\right)^2\right] + C^2 \frac{\partial^2 C}{\partial u^2} = 0. \end{aligned}\right.$$

Pour que la multiplicité d'éléments M_1 définie par les relations

$$(3)\qquad u = 0, \qquad z = \varphi_0(v), \qquad p = \varphi_1(v), \qquad q = \varphi_1'(v)$$

soit une multiplicité caractéristique de l'équation (2), il faut et il suffit que $\varphi_0(v)$ et $\varphi_1(v)$ vérifient les deux relations

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} &\varphi_0'' + C_1 \varphi_1 = 0, \\ &(\varphi_1')^2 - 2C_1 \varphi_0' \varphi_1' + C_1^2 (\varphi_0')^2 + C_2(\varphi_1^2 + \varphi_0'^2 - 1) = 0, \end{aligned}\right.$$

qui peuvent être remplacées par le système suivant

$$(5)\quad \frac{d\alpha}{dv} = \frac{\alpha''}{R}, \qquad \frac{d\alpha'}{dv} = -\frac{\alpha}{R} - \frac{\alpha''}{T}, \qquad \frac{d\alpha''}{dv} = \frac{\alpha'}{T}, \qquad \alpha^2 + \alpha'^2 + \alpha''^2 = 1$$

en posant

$$\varphi_0' = \alpha, \qquad \varphi_1 = -\alpha', \qquad C_1 = \frac{1}{R}, \qquad C_2 = \frac{1}{T^2};$$

il serait facile d'en déduire les résultats de M. Darboux, rappelés au début de cette Note.

La multiplicité M_1 étant une multiplicité caractéristique, il résulte des théories générales que l'équation (2) admet une infinité d'intégrales admettant tous les éléments de cette multiplicité. Mais il n'est pas certain qu'il existe des intégrales régulières dans tout l'intervalle (a, b). Soient en effet $z = F(u, v)$ une de ces intégrales et $\varphi_2(v)$ la dérivée $\left(\frac{\partial^3 F}{\partial u^2 \partial v}\right)_{u=0}$. En différentiant l'équation (2) par rapport à u et tenant compte des relations (5), on trouve que cette fonction φ_2 doit satisfaire à une équation de Riccati qui, en posant

$$\varphi_2(v) = -\alpha'' \frac{R}{T} \Phi,$$

devient

$$\frac{d\Phi}{dv} + \Phi^2 + \left(\frac{R'}{R} - \frac{1}{2}\frac{T'}{T}\right)\Phi + \frac{C_3 T^2}{4R} + \frac{3}{4R^2} = 0. \tag{6}$$

Cette transformation suppose toutefois que $C_1(v)$ n'est pas nul, c'est-à-dire que Γ n'est pas une ligne géodésique. Dans ce cas particulier, $\varphi_2(v)$ est déterminée par une équation linéaire. Dans le cas général, il peut arriver que l'équation (6) n'ait aucune intégrale sans point singulier dans l'intervalle (a, b), et il est alors impossible de déformer la surface S de façon que l'arc AB devienne une ligne asymptotique, sans que la surface déformée n'ait au moins un point singulier sur cette ligne asymptotique.

L'intégrale générale de l'équation (6) est donnée par la formule

$$\Phi = \frac{1}{Z}\frac{dZ}{dv}, \tag{7}$$

Z étant l'intégrale générale de l'équation linéaire du second ordre

$$Z'' + \left(\frac{R'}{R} - \frac{1}{2}\frac{T'}{T}\right)Z' + \left(\frac{C_3 T^2}{4R} + \frac{3}{4R^2}\right)Z = 0. \tag{8}$$

Les pôles de Φ sont les zéros de Z. Supposons d'abord que $C_1(v)$ ne s'annule pas entre a et b. Les coefficients de l'équation (8) sont continus dans l'intervalle (a, b) et, pour qu'il existe des intégrales ne s'annulant pas dans cet intervalle, il faut et il suffit que l'intégrale particulière qui est nulle pour $v = a$ n'ait pas d'autre racine entre a et b. Lorsque l'équation $C_1(v) = 0$ a des racines entre a et b, ces racines sont des points singuliers apparents pour l'équation (8), et la condition précédente doit être un peu modifiée.

Il est facile de déduire de ce qui précède un grand nombre d'énoncés particulier. Supposons, par exemple, que la courbure totale de la surface S

soit constante et égale à -1. On a, dans ce cas,

$$C = \cos \text{hyp.}\, u + \varphi(v) \sin \text{hyp.}\, u;$$

l'équation (8) devient

$$Z'' - \frac{\varphi'(v)}{\varphi(v)} Z' + \varphi^2(v) Z = 0,$$

et l'intégrale générale a pour expression

$$Z = A \sin\left(\alpha + \int_{v_0}^{v} \varphi(v)\, dv\right).$$

Si le rayon de courbure géodésique $\frac{1}{\varphi(v)}$ est inférieur à l, Z a au moins une racine dans tout intervalle (v_0, v_1) d'amplitude supérieure à πl. Il y aura donc au moins un point singulier sur tout arc de ligne asymptotique de longueur supérieure à πl.

ÉLECTRICITÉ. — *Phénomènes électrocapillaires dans les gaz aux basses pressions.* Note (¹) de M. G. **Reboul**, présentée par M. Lippmann.

J'ai essayé de montrer (²) qu'il existe à la surface de séparation du mercure et d'un gaz ionisé, à la pression ordinaire, des phénomènes électrocapillaires analogues à ceux que M. Lippmann a découverts au contact mercure-eau acidulée. Comme la conductibilité que l'on peut communiquer aux gaz à basse pression est beaucoup plus grande qu'à la pression ordinaire, il est naturel de penser que dans ce cas les phénomènes seront plus nets.

L'expérience était disposée comme l'indique la figure. Pour se mettre à l'abri des phénomènes d'influence, l'extrémité capillaire ($0^{mm},2$ environ) est placée à l'intérieur d'un écran électrostatique (cylindre en toile métallique).

La décharge, qui provoque la conductibilité du gaz, est produite entre l'électrode supérieure et l'écran. Des charges positives et négatives pénètrent dans l'écran. On établit au moyen de petits accumulateurs un champ entre l'écran et le mercure de la pointe; sous l'influence de ce champ les charges électriques s'orientent. On examine au microscope les déplacements du niveau dans la pointe capillaire. Les expériences ont été faites à des pressions de l'ordre du millimètre de mercure.

(¹) Présentée dans la séance du 18 janvier 1909.

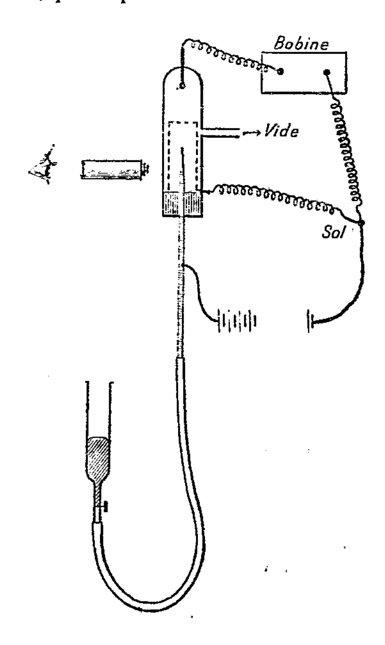
(²) G. Reboul, *Thèse de Doctorat* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, août 1908).

Si le mercure est au sol, quand on excite la bobine il n'y a aucune variation de niveau.

Si le mercure est positif (300 ou 400 volts), dès qu'on rend le gaz conducteur le niveau s'élève vers l'extrémité de la pointe; la constante capillaire diminue.

Si l'on renverse le sens du champ, le niveau s'abaisse, passe par un minimum, puis s'élève; la constante capillaire augmente, passe par un maximum et diminue.

Si l'on renverse à nouveau le sens du champ, le niveau, qui s'était élevé quand le mercure était négatif, baisse, passe par un minimum et remonte.



En résumé, tout se passe comme si l'on avait un électromètre capillaire, l'eau acidulée étant remplacée par un liquide très faiblement conducteur. Étant donnée la faiblesse des charges mises en jeu et une adhérence qui se produit au contact mercure-verre, il paraît difficile de donner des résultats quantitatifs.

On voit facilement comment les résultats précédents s'expliquent par l'existence d'une couche électrique double à la surface métal-gaz : le feuillet positif serait du côté du métal, le négatif du côté du gaz.

On obtient un cas particulièrement intéressant si l'on augmente l'intensité des charges mises en jeu.

On remplace la pointe capillaire par une pointe de quartz et l'on supprime l'écran électrostatique. On produit la conductibilité du gaz au moyen du champ oscillant d'un anneau qui entoure le tube. Au moyen de petits accumulateurs, on établit une différence de potentiel entre le mercure de la pointe et l'électrode supérieure.

Pour un champ faible (inférieur à 300 ou 400 volts) quel que soit le sens du champ, le niveau s'élève dans le tube (par suite probablement de pénétration de charges ou d'influence électrique) et il se produit une décharge entre l'électrode et la pointe, qui s'illumine d'une coloration verte.

Si l'on élève suffisamment le champ ou si l'on enlève la résistance liquide du circuit, par conséquent si l'on augmente l'intensité, il arrive un moment où il se produit une décharge disruptive (arc), et alors le niveau baisse brusquement dans la pointe, quel que soit le sens du champ. L'établissement de l'arc serait donc suivi d'une brusque augmentation de la constante capillaire; cette augmentation peut s'expliquer par la disparition des charges formant la couche double : la décharge réellement disruptive serait accompagnée de la disparition de la couche double qui existe à la surface des électrodes et du milieu environnant.

Il semble donc que la couche double au contact d'un métal et du milieu environnant doit intervenir dans le mécanisme de la décharge : elle expliquerait la dissymétrie entre la cathode et l'anode, et la répugnance qu'une cathode semble toujours offrir au passage du courant.

RADIOTÉLÉGRAPHIE. — *Dispositif pour renforcer sensiblement le son perçu dans la réception avec détecteur électrolytique. Son application pour servir d'appel.* Note [1] de M. **Jégou**, présentée par M. Lippmann.

Le détecteur électrolytique, utilisé en télégraphie sans fil, ne permet pas d'avoir un appel pour prévenir du moment utile de la lecture d'un message. C'est là un inconvénient grave, d'autant plus que l'employé est contraint de garder les récepteurs téléphoniques constamment à l'oreille.

Voici un dispositif très simple qui renforce très nettement le son émis par les téléphones de la réception électrolytique et qui pourrait servir d'appel sur une distance de communication assez notable (d'après nos essais, le dispositif fonctionne sur une distance égale au moins à la moitié de la partie extrême).

On utilise l'accouplement inductif des téléphones [2] et l'on place perpendiculairement à la membrane du téléphone un crayon de charbon de façon qu'une des extrémités repose directement sur la membrane dans la région voisine du centre, tandis

---

(1) Présentée dans la séance du 28 décembre 1908.

(2) *Comptes rendus*, séance du 15 juin 1908.

que l'autre extrémité est maintenue dans une alvéole en charbon disposée comme pour un microphone Hughes ordinaire. Un second récepteur téléphonique à résistance plutôt faible est intercalé dans le circuit formé d'un seul élément d'accumulateur et de ce microphone.

Dans ces conditions, lorsque le détecteur électrolytique est exposé à des ondes suffisamment puissantes pour faire émettre par le premier téléphone un son perceptible à une dizaine de centimètres de l'oreille, le second téléphone se met aussi à vibrer et émet alors un son qui peut être facilement perçu dans toute une salle. (Certaines positions du crayon de charbon conviennent mieux, mais on les trouve très facilement et elles sont stables.)

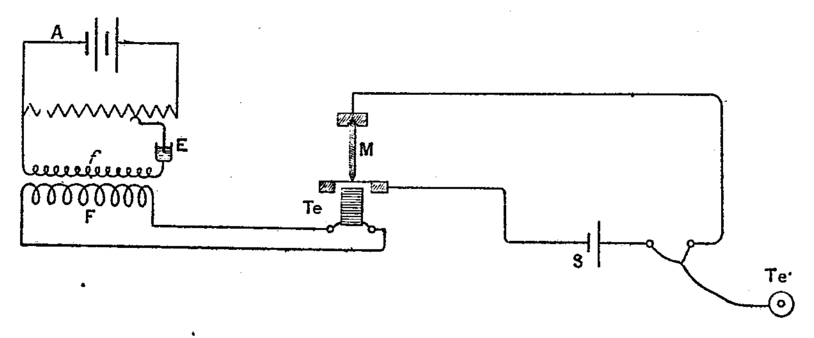


Schéma du dispositif.

A, accumulateurs; P, potentiomètre; E, détecteur électrolytique; *f*, enroulement inducteur à fil fin et long de la bobine; F, enroulement induit à fil gros et court de la même bobine; *Te*, récepteur téléphonique; M, dispositif microphonique; S, source électrique d'un accumulateur simple; *Te'*, Téléphone haut-parleur.

La régularité du dispositif est telle qu'on peut très bien recevoir les messages radiotélégraphiques en écoutant les sons perçus dans la salle.

Nous avons aussi essayé de renforcer une seconde fois le son émis par le téléphone haut-parleur en appliquant le même dispositif; nous avons obtenu de l'ensemble un dispositif capable de servir d'appel sur une distance nettement plus grande, mais possédant une régularité peut-être un peu moins parfaite.

PHOTOGRAPHIE. — *Plaque à réseaux lignés donnant le relief stéréoscopique à vision directe.* Note de M. **E. Estanave**, présentée par M. G. Lippmann.

J'ai essayé de simplifier, par les moyens que je vais indiquer, le procédé que j'avais jusqu'ici employé pour obtenir le relief stéréoscopique par le procédé des réseaux et à ramener à une seule plaque les éléments essentiels du stéréogramme.

La méthode des réseaux, dont le principe a été donné en 1896 par Berthier, avait été déjà étudiée par Fréd. Ives, dont quelques stéréogrammes ont été présentés en 1904 à l'Académie des Sciences. J'en ai fait moi-même une étude approfondie qui m'a conduit à l'établissement de l'écran stéréoscope de projection que j'ai fait connaître ici même (1).

Dans ses parties principales, le stéréogramme ligné se compose :

1° D'un réseau ligné obtenu par photographie sur une plaque de verre et disposé en avant de la diapositive; ce gril ou réseau est formé de lignes verticales parallèles alternativement opaques et transparentes.

2° D'une diapositive composée de deux images stéréoscopiques formées chacune d'éléments filiformes parallèles, les éléments de l'une des images alternant avec ceux de l'autre. Les éléments filiformes de la plaque négative qui a servi à obtenir cette diapositive ont été fournis par l'interposition du réseau ligné sur le passage des rayons lumineux provenant de deux objectifs spéciaux qui donnent deux images stéréoscopiques empiétant l'une sur l'autre et dont même certains points homologues coïncident.

3° D'une glace dépolie placée de l'autre côté de la diapositive destinée à tamiser la lumière.

Ces trois plaques de verre, soigneusement assemblées, sont fixées dans un cadre commun et constituent le stéréogramme.

L'observation se pratique par transparence du côté du réseau ligné. Celui-ci, placé en avant de la diapositive, a pour effet de permettre à l'œil droit de voir par les clairs les éléments filiformes appartenant à l'une des images du couple stéréoscopique en lui cachant par ses traits opaques les éléments filiformes appartenant à l'autre image; de même pour l'œil gauche.

Pour que l'observation soit correcte et que la sensation de relief apparaisse, il est nécessaire que le réseau ligné occupe par rapport à la diapositive la même position qu'il avait dans le tirage de la double image, par rapport à la plaque négative.

Il résulte que ces stéréogrammes sont délicats à établir en raison du repérage nécessaire du réseau ; il faut encore procéder à l'opération supplémentaire de l'assemblage du réseau, de la diapositive et de la glace dépolie pour en constituer un seul bloc, qui est fixé dans un cadre, ce qui rend le stéréogramme lourd et facilement déréglable, car le réseau se déplace quelquefois, sous un choc, par rapport à la diapositive.

Il m'a paru avantageux d'éviter ces repérages et de réduire le stéréo-

(1) *Comptes rendus*, 1906, p. 644, et 1908, p. 391.

gramme à une simple plaque. A cet effet j'ai rendu le réseau ligné solidaire de la plaque photographique, tout comme dans les plaques autochromes ou similaires on a rendu les écrans polychromes solidaires de l'émulsion sensible. Pour cela le réseau ligné est tracé sur l'une des faces d'une plaque de verre ayant une épaisseur calculée d'après le caractère du réseau utilisé, de manière à satisfaire aux conditions que j'ai précisées ici même. Ce réseau est tracé soit par photographie, soit par un moyen mécanique, gravure, impression aux encres grasses, transfert, etc.

Il est ensuite isolé par une couche de caoutchouc, de collodion ou d'un vernis approprié, de façon à le protéger contre les rayures et surtout dans les bains de développement où la plaque sera successivement plongée.

L'autre face de la plaque de verre porte l'émulsion sensible, qui est choisie de grain assez fin pour opérer facilement l'inversion de l'image.

On supprimera la glace dépolie qu'il faudrait placer derrière la diapositive en enduisant celle-ci d'un vernis ou encore en se servant d'une émulsion à aspect mat.

Cette plaque unique, placée face réseau en avant dans la chambre noire ordinaire, munie de deux objectifs disposés de façon que les deux images se superposent sur la plaque, enregistrera une image composite, qui, inversée et observée par transparence du côté du réseau, présentera à vision directe la sensation de relief stéréoscopique.

En sorte que le stéréogramme se trouve ainsi réduit à une simple plaque photographique qui justifierait bien le nom de *plaque autostéréoscopique*.

Cette plaque ne donne qu'une seule épreuve de l'objet photographié; mais on peut obtenir la multiplicité des épreuves en enlevant le réseau de cette plaque (dissolution et grattage) et en tirant par contact sur des plaques autostéréoscopiques à émulsion positive. Le repérage dans ce tirage est facilité par des repères portés à chaque réseau sur chaque plaque.

Prenant toujours la plaque de verre sur laquelle est déjà tracé le réseau ligné, si sur l'autre face on dispose un écran polychrome sur lequel on coule l'émulsion sensible, comme cela est fait par exemple dans les plaques autochromes ou similaires, on obtient, en observant les mêmes recommandations dans le tirage, une plaque photographique qui donnera à l'observation par transparence pratiquée du côté du réseau, avec leurs couleurs et le relief, l'image des objets photographiés. Par analogie, cette plaque mériterait le nom de *plaque autostéréochrome*.

Il a été question seulement de réseaux lignés, mais d'autres réseaux formés de points peuvent aussi convenir.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de preparation des oxydes alcooliques*. Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine.

Dans des Communications précédentes ([1]) j'ai montré que sous l'action d'un certain nombre de catalyseurs, parmi lesquels l'*alumine précipitée* occupe le premier rang, les alcools se déshydratent en donnant des carbures éthyléniques, d'après l'équation

$$C^nH^{2n+1}OH = H^2O + C^nH^{2n}.$$

J'ai montré également ([2]) que, vis-à-vis de certains composés organiques, la déshydratation portait sur 2^{mol}, de telle sorte qu'avec l'acide acétique, par exemple, on avait

$$\left.\begin{array}{l} CH^3-CO.O\boxed{H} \\ CH^3-CO.\boxed{OH} \end{array}\right\} = H^2O + CO^2 + CH^3-CO-CH^3.$$

On pouvait dès lors se demander pourquoi cette déshydratation externe réalisée pour les acides ne se produisait pas avec les alcools, de manière à donner les oxydes alcooliques

$$\left.\begin{array}{l} C^nH^{2n+1}O\boxed{H} \\ C^nH^{2n+1}\boxed{OH} \end{array}\right\} = H^2O + \begin{array}{l} C^nH^{2n+1} \\ C^nH^{2n+1} \end{array}\!\!>O.$$

Or, M. Grigorieff, qui paraît avoir appliqué le premier l'alumine à la décomposition des alcools, avait observé qu'elle déshydratait les oxydes alcooliques à des températures supérieures à 300° ([3]).

J'ai constaté, de mon côté, que l'alumine obtenue en précipitant l'aluminate de soude par l'acide sulfurique, décompose l'oxyde d'éthyle à une température beaucoup plus basse, le dégagement d'éthylène commençant vers 200° et devenant très abondant au voisinage de 300° ([4]). A cette température de 300°, l'*alumine précipitée* déshydrate facilement l'éthanol, et l'on conçoit qu'il ne se produise que de l'éthylène, puisque déjà, bien au-dessous

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 1109 et t. CXLVI, p. 125.
([2]) *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1211.
([3]) *Journ. Soc. phys. chim. russe*, t. XXXIII, p. 173.
([4]) *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1212.

de 300°, cette alumine ramènerait à l'état d'éthylène l'oxyde d'éthyle qui pourrait se former.

Mais on conçoit aussi que si l'on opère à des températures où l'oxyde d'éthyle n'est pas détruit par l'alumine précipitée, l'éthanol fournisse exclusivement cet oxyde. Et, en effet, en maintenant à des températures variant de 240° à 260° le tube où les vapeurs d'éthanol passent sur l'alumine, on obtient l'oxyde d'éthyle avec la plus grande facilité. A 240° le dégagement d'éthylène est à peu près nul; il est seulement de 3^{cm^3} à 4^{cm^3} à la minute à 260°; de telle sorte que, dans la réaction qui leur donne naissance, l'oxyde d'éthyle n'éprouve qu'une destruction insensible à ces mêmes températures où, chauffé seul avec l'alumine, il est notablement décomposé.

Les produits de la réaction venaient se condenser dans un tube en U entouré de glace fondante et muni, à sa partie inférieure, d'une tubulure qui s'engageait dans un flacon destiné à recevoir les vapeurs liquéfiées. Les gaz qui se dégageaient par l'une des branches du tube étaient recueillis dans une éprouvette reposant sur l'eau.

Durant tout le cours de l'expérience, j'ai observé dans le flacon récepteur la superposition de deux couches liquides dont la supérieure avait cinq à six fois l'épaisseur de la couche inférieure. La même opération répétée les jours suivants, avec la même alumine, a donné des résultats identiques.

Après avoir séparé les deux liquides par décantation, j'ai constaté que le liquide inférieur était de l'eau avec $\frac{1}{10}$ environ d'oxyde d'éthyle, tandis que le liquide supérieur était de l'oxyde d'éthyle légèrement aqueux. Les 83,5 pour 100 de ce dernier liquide distillent au-dessous de 60°. Or, en soumettant à la distillation l'éther du commerce marquant 65°B., la portion recueillie au-dessous de 60° n'a pas dépassé les 78,5 pour 100. Par où l'on voit que l'action de l'alumine précipitée donne, du premier coup et sans aucune rectification, un produit supérieur au liquide déjà rectifié qui constitue l'éther du commerce à 65°B.

Pour que le nouveau procédé de fabrication de l'éther fût susceptible d'une application industrielle, il était nécessaire qu'il pût s'employer, non pas seulement avec l'alcool absolu, beaucoup trop coûteux, mais aussi avec des alcools renfermant une certaine proportion d'eau. J'ai donc expérimenté avec des alcools à 95° et à 85°; l'expérience a très bien réussi; dans les deux cas, j'ai obtenu les deux couches liquides superposées, la couche inférieure étant d'autant plus épaisse que l'alcool renfermait plus d'eau. La décomposition de l'alcool en eau et oxyde d'éthyle est toujours intégrale, et, si l'on ne force pas le débit, les produits recueillis ne renferment que des proportions insignifiantes d'alcool inaltéré.

Je poursuis l'étude du nouveau procédé de préparation des oxydes alcooliques, avec lequel j'ai déjà obtenu l'*oxyde de méthyle* et l'*oxyde de propyle*,

et qui paraît très spécial à l'alumine précipitée, car, ainsi que je le montrerai, d'autres catalyseurs déshydratants, choisis parmi les meilleurs, sont bien loin de donner les mêmes résultats.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des éthers mésoxaliques avec les amines aromatiques tertiaires.* Note [1] de MM. **A. Guyot** et **E. Michel**, présentée par M. A. Haller.

On sait que les amines aromatiques sont susceptibles de se combiner à l'alloxane en donnant des produits qui résultent de l'union des deux composants sans élimination d'eau.

L'étude de cette réaction, observée d'abord par Pellizari [2], a été reprise, il y a quelques années, par la fabrique Bœhringer, de Wadhof, qui a décrit dans un de ses brevets [3] des produits d'addition de l'alloxane avec les amines et les phénols les plus divers, et a montré tout l'intérêt que présentent ces composés pour la préparation des aldéhydes et des acides aromatiques.

Ces produits, qui répondent à la formule générale

$$CO\Big\langle{NH - CO \atop NH - CO}\Big\rangle C\Big\langle{R \atop OH} \qquad (R = \text{phényl, naphtyl, etc.}),$$

se scindent, en effet, sous l'influence des alcalis aqueux en acides tartroniques substitués, CO^2 et NH^3 :

$$CO\Big\langle{NH - CO \atop NH - CO}\Big\rangle C\Big\langle{R \atop OH} + 3H^2O = CO^2 + 2NH^3 + {R \atop HO}\Big\rangle C\Big\langle{CO^2H \atop CO^2H}.$$

Or, ces acides tartroniques, jusqu'alors inconnus, se prêtent à un ensemble de réactions d'une remarquable netteté.

Traités par l'acide sulfurique concentré et chaud, ils donnent quantitativement les aldéhydes correspondantes

$$R - COH(CO^2H)^2 = R - COH + CO^2 + CO + H^2O.$$

Sous l'influence des oxydants, ils donnent avec la même facilité des

(1) Présentée dans la séance du 18 janvier 1909.

(2) Pellizari, *Gazzeta chim. italiana*, t. XVII, p. 412.

(3) Brevets allemands nos 108026, 112174, 120375, 113722, 114904, 115817, 117021 et 117168.

acides glyoxyliques

$$R - COH - (CO^2H)^2 + O = R - CO - CO^2H + CO^2 + H^2O.$$

Enfin, chauffés seuls ou en solution aqueuse, ils conduisent aux acides glycoliques

$$R - COH - (CO^2H)^2 = CO^2 + R.CHOH.CO^2H.$$

Il nous a semblé que cette faculté de condensation, particulière à l'alloxane, devait se retrouver dans les éthers méroxaliques et quelques composés analogues.

Pour vérifier ces prévisions, nous nous sommes d'abord adressés aux éthers mésoxaliques et les avons condensés avec les amines, les phénols et les carbures aromatiques.

Le but de la présente Note est de décrire les résultats que nous avons obtenus avec les amines aromatiques tertiaires.

Diméthylparamidophényltartronate d'éthyle

$$(CH^3)^2N.C^6H^4.COH.(CO^2C^2H^5)^2.$$

— On chauffe, à 100°, 77g de mésoxalate d'éthyle et 49g de diméthylaniline en solution dans 150g d'acide acétique cristallisable; la liqueur prend une légère coloration verte; on n'observe pas de dégagement gazeux lorsqu'on opère avec des produits bien purs. Après une demi-heure environ, la condensation étant complète, on étend la liqueur de 3l d'eau froide et la neutralise par le carbonate de soude jusqu'à réaction faiblement alcaline. Le nouveau composé se dépose aussitôt en beaux feuillets incolores fondant à 76°,5 après cristallisation dans le sulfure de carbone. Le rendement dépasse 90 pour 100 du rendement indiqué par la théorie.

Nous avons préparé de même :

Le *diméthylparamidophényltartronate de méthyle*

$$(CH^3)^2N.C^6H^4.COH.(CO^2CH^3)^2,$$

prismes incolores fondant à 115°.

Le *diéthylparamidophényltartronate d'éthyle*

$$(C^2H^5)^2N.C^6H^4.COH.(CO^2C^2H^5)^2,$$

prismes volumineux incolores et transparents fondant à 45°.

Le *diéthylparamidophényltartronate de méthyle*

$$(C^2H^5)^2N.C^6H^4.COH.(CO^2CH^3)^2,$$

aiguilles blanches fondant à 103°.

La potasse aqueuse saponifie en quelques minutes, à 100°, ces différents éthers et conduit aux acides correspondants que nous avons transformés en aldéhydes, en acides glyoxyliques et en acides glycoliques.

Ces éthers phényltartroniques se condensent aussi avec les amines aromatiques tertiaires en présence d'oxychlorure de phosphore pour donner des éthers diphénylmaloniques substitués :

$$R^2N.C^6H^4 - COH.(CO^2C^2H^5)^2 + C^6H^5 - NR^2$$
$$= H^2O + (R^2N.C^6H^4)^2 = C = (CO^2C^2H^5)^2.$$

Tétraméthyldiamidodiphénylmalonate d'éthyle $((CH^3)^2N.C^6H^4)^2 = C(CO^2C^2H^5)^2$. — A une solution de 50g de diméthylamidophényltartronate d'éthyle dans 50g de diméthylaniline, on ajoute par petites portions 20g d'oxychlorure de phosphore dilué dans 50g de diméthylaniline. La température s'élève rapidement; il convient de refroidir le ballon de façon à ne pas dépasser 80°. La condensation terminée, on verse le contenu du ballon dans 1l d'eau froide, on neutralise la liqueur par le carbonate de soude et l'on entraîne la diméthylaniline en excès par un courant de vapeur d'eau. Il reste une huile qui se prend en masse cristalline par refroidissement. Après cristallisation dans l'alcool, on obtient des feuillets blancs fondant à 93° (rendement 80 pour 100).

Nous avons préparé de la même façon :

Le diméthylamidodiéthylamidodiphénylmalonate d'éthyle

$$\begin{matrix}(CH^3)^2N.C^6H^4\\(C^2H^5)^2N.C^6H^4\end{matrix}\Big\rangle C = (CO^2C^2H^5)^2,$$

petits cristaux blancs fondant à 82°.

Le tétraéthyldiamidodiphénylmalonate d'éthyle $((C^2H^5)^2N.C^6H^4) = C = (CO^2C^2H^5)^2$, gros prismes incolores fondant à 82°,5.

Le tétraméthyldiamidodiphénylmalonate de méthyle

$$((CH^3)^2N.C^6H^4)^2 = C = (CO^2CH^3)^2,$$

feuillets blancs fondant à 166°.

Le tétraéthyldiamidodiphénylmalonate de méthyle

$$((C^2H^5)^2N.C^6H^4)^2 = C = (CO^2CH^3)^2,$$

prismes volumineux fondant à 98°.

Le diméthylamidodiéthylamidodiphénylmalonate de méthyle

$$\begin{matrix}(CH^3)^2N.C^6H^4\\(C^2H^5)^2N.C^6H^4\end{matrix}\Big\rangle C = (CO^2CH^3)^2,$$

aiguilles blanches fondant à 121°.

Saponifiés avec la potasse alcoolique, ces éthers fournissent du carbonate de potasse et les acides *tétraalcoyldiamidodiphénylacétiques* correspondants.

Nous avons ainsi préparé tous ces acides, dont le premier terme seul était

connu et avait été décrit par H. Weil [1]; ce sont des produits assez facilement altérables, qui se colorent rapidement à l'air et ne présentent pas de point de fusion défini.

AGRONOMIE. — *Régénération des plantations de Caféiers par l'introduction d'une espèce nouvelle.* Note de M. **Jean Dybowski**, présentée par M. Prillieux.

Le Caféier d'Arabie (*Coffea arabica* L.) est, depuis de nombreuses années, menacé dans son existence même par la maladie de l'*Hemileia* contre laquelle il n'a pu être trouvé jusqu'à ce jour aucun traitement efficace. Déjà des régions entières ont été dévastées. Toutes les plantations des colonies de l'océan Indien ont été cruellement atteintes. Les unes, comme celles de Ceylan, ont presque totalement disparu, faisant place à la production du thé. D'autres, comme celles de Madagascar et aussi de Java, s'affaiblissent et produisent de moins en moins.

Le Caféier de Libéria (*Coffea liberica* Hiern.) a été importé dans les régions ravagées. Plus robuste il résiste assez bien à la maladie, mais son grain plus gros, d'une saveur parfois mauvaise, lui donne sur le marché une moins-value sensible qui fait hésiter les planteurs à l'adopter.

Les hybrides de Caféiers d'Arabie et de Libéria n'ont jusqu'à ce jour donné que des résultats médiocres.

Au cours de nos explorations en Afrique centrale, nous avons eu l'occasion de découvrir et de signaler un Caféier croissant à l'état sauvage sur les bords de l'Oubanghi. Le botaniste Frœhner a décrit cette espèce sous le nom de *Coffea congensis*. M. Pierre, dans une revision du genre, subdivisa l'espèce en trois variétés nettement distinctes.

Des graines d'une de ces variétés, cultivée au Jardin d'essai de Libreville par M. Chalot, furent envoyées par lui au Jardin colonial. Cet établissement métropolitain fit parvenir à Madagascar, en 1901, un certain nombre de ces plantes issues de ce semis.

M. Prudhomme, directeur de l'agriculture de la Grande-Ile, fit organiser à la station de l'Ivoloïna des plantations dont les rangs reçurent alternativement des pieds du Caféier de l'Oubanghi et des plants du Caféier d'Arabie.

Dès le 8 septembre 1903, M. le général Gallieni signalait que, tandis que tous les plants de Caféiers d'Arabie de la plantation d'essai étaient presque

[1] H. Weil, *Deutsche chem. Gesell.*, t. XXVII, p. 1407.

détruits déjà par la maladie, ceux du *Coffea congensis* résistaient complètement.

Depuis lors, et à diverses reprises, le fait de la résistance absolue du Caféier de l'Oubanghi à la maladie de *Hemileia* a été sans cesse confirmé. A l'heure actuelle, la plantation du Jardin d'essai de l'Ivoloïna est en plein rapport et les plantes ne souffrent nullement de la maladie, alors que celle-ci a complètement détruit les Caféiers d'Arabie plantés au même moment.

La démonstration est donc définitive et l'on peut affirmer, après ces sept années d'expériences méthodiques, la résistance absolue du Caféier de l'Oubanghi à la maladie de l'*Hemileia*.

Le fait a une très grande importance, car les graines de cette espèce constituent une sorte commerciale à laquelle il a été attribué une valeur égale à celle des bonnes sortes de Caféier d'Arabie. D'autre part, l'analyse qui a été faite au Jardin colonial a montré que la richesse en Caféine, qui est de 1,19, correspond à celle du bon produit admis dans la consommation.

On entrevoit donc dans la propagation de cette espèce le moyen de lutter à l'avenir contre une maladie qui menaçait de détruire les sources mêmes d'une denrée devenue de première nécessité.

ANATOMIE. — *Sur l'unification du nombre de segments dans les larves des Muscides.* Note [1] de M. **J. Pantel**, présentée par M. Edmond Perrier.

Déjà chez les Muscides communes, de beaucoup les mieux connues, l'établissement d'une formule segmentaire offre assez de difficulté pour avoir donné lieu à des divergences d'opinions : on sait que de bons observateurs ont attribué aux larves de ce groupe 12 segments (Weissmann, Brauer, Lowne) ou 13 (Schiner). La difficulté grandit s'il s'agit d'espèces entomobies où, souvent, la numération directe ne saurait fournir un nombre assez élevé.

En cherchant, par l'étude comparée, à faire la critique de ces résultats discordants, on arrive à des conclusions qui paraissent d'une grande généralité, et laissent voir partout, malgré d'incontestables différences, une complète uniformité d'organisation fondamentale.

On doit demander l'individualisation des segments avant tout à la musculature tégumentaire longitudinale, sans accorder beaucoup de valeur

(1) Présentée dans la séance du 4 janvier 1909.

aux rides, souvent très imprécises, qui en sont l'expression extérieure et, en second lieu, aux stigmates, ceux-ci pouvant être fonctionnels ou seulement rudimentaires, au sens défini dans une précédente Note ([1]).

En partant de cette double base, on peut dire que le tronc compte partout 11 segments, 4 pour le thorax, 7 pour l'abdomen.

Le premier segment thoracique porte, près de son bord *postérieur,* un stigmate bien connu, toujours rudimentaire à l'éclosion et demeurant tel à tous les stades chez quelques espèces, mais se développant le plus souvent et devenant fonctionnel à la première mue, ou tout au moins à la deuxième.

Le deuxième segment n'a pas de stigmate.

Le troisième et le quatrième ont, près de leur bord *antérieur,* un stigmate rudimentaire indiqué, tout au moins, par l'aboutissement d'une trachée stigmatique fermée. Nous rattachons le quatrième segment au thorax, plutôt qu'à l'abdomen, parce que la trachée stigmatique y est identique à celle du troisième, et que l'une et l'autre diffèrent quelque peu des trachées stigmatiques strictement abdominales, notamment par leurs rapports avec le rameau histoblastifère. Nous retombons ainsi sur une ancienne opinion de Palmén ([2]), avec cette différence toutefois que nous ne trouvons de stigmates que sur trois segments, et que cet auteur en admettait sur les quatre.

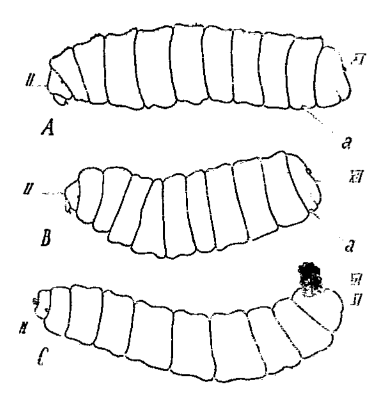


Fig. 1. — Les segments du tronc chez les larves des Tachinaires (pseudoc. = I) : A, chez *Winthemyia* (anus en XI); B, chez *Sturmia* (anus en XII); C, chez *Thrixion* (I et XII apparemment disparus).

Parmi les segments abdominaux, les six premiers ne sont que la répétition d'un même type; le stigmate y est toujours rudimentaire, situé latéralement près du bord antérieur. Le dernier porte le stigmate principal, toujours fonctionnel et de dimensions proportionnées à celles de la trachée maîtresse qui y prend son origine; il est situé en arrière et en haut, non plus latéralement, comme ceux des segments précédents.

([1]) *Comptes rendus,* t. CXLVIII, p. 107.

([2]) *Zur Morphologie des Tracheensystems.* Helsingfors, 1877.

Définie par ces conditions, la formule du tronc convient à toutes les larves de Brachycères que nous avons pu étudier et s'étend même au delà du groupe. C'est elle, par exemple, que Marchal (1) attribue au tronc larvaire des Cécidomyies, auquel il attribue 11 segments, le second de la série dépourvu de stigmates.

Au tronc proprement dit il faut ajouter le segment pseudocéphalique ou segment buccal, servant de support aux principales papilles sensorielles; cela porte à 12 le nombre total.

Les variations de ce chiffre, plus apparentes que réelles, s'expliquent aisément par des circonstances secondaires dans l'habitus du premier et du dernier segment.

Le segment pseudocéphalique peut subir, suivant les cas, des modifications dans deux sens inverses, tendant à le dédoubler ou, au contraire, à le supprimer équivalemment en le dissimulant. Chez la larve de la Mouche à viande bien étendue, il offre deux renflements prononcés, qui pourraient être pris pour deux segments; chez d'autres, chez le *Thrixion*, par exemple, il est réduit à deux bâtonnets antenniformes, à la base desquels s'ouvre l'orifice buccal, et l'idée ne vient pas de le compter.

Une remarque analogue doit être faite au sujet du segment XII. Il est fréquent de le voir divisé en deux par une ride ventrale plus ou moins prononcée (*fig.* 1, A, B); quelques auteurs supposent même qu'il est réellement double (Brauer, Lowne). Mais d'autres fois, dans le cas de larves parasites appelées à maintenir leurs stigmates dans un tunnel étroit, en rapport avec l'extérieur, ce même segment est comme passé à la filière et transformé, totalement ou presque totalement, en un tubercule stigmatifère; il échappe à l'observation en tant que segment (*fig.* 1, C). Si les deux causes de réduction interviennent concurremment aux deux extrémités du corps, la numération directe peut ne fournir que dix segments (*Thrixion*).

La situation de l'anus donne lieu à une observation particulière. Loin d'être caractéristique du dernier segment du corps, comme la bouche l'est du premier, cet orifice ne peut être d'aucune utilité pour l'établissement de la formule segmentaire.

L'étude comparée d'un grand nombre d'espèces conduit à ce résultat assez inattendu qu'il peut appartenir, suivant les cas, au segment XII (*Ceromasia florum, Compsilura concinnata, Sturmia pupiphaga*, etc.), ou au segment XI (*Pelleteria prompta, Uclesia Fumipennis, Winthemyia 4-pustulata*, etc.).

(1) *Les Cécidomyies des céréales et leurs parasites* (*Ann. Soc. ent. de Fr.*, t. LXVI, 1897).

La concordance est suffisante entre les indications fournies par la musculature longitudinale ou les stigmates, et celles qu'on peut emprunter à d'autres organes métamériques, en observant toutefois que celles-ci seront d'une application plus restreinte et ne définiront pas avec la même rigueur une partie du corps de la larve.

C'est ainsi que le nombre des groupes œnocytiques bilatéraux, que celui des chambres cardiaques et de leurs annexes est 7, comme le nombre des segments abdominaux proprement dits; mais la série des œnocytes et celle des chambres cardiaques sont en quelque sorte décalées par rapport à la série stigmatique et comme transportées d'un cran en avant. C'est ainsi encore que le nombre des trachées communicantes dorsales demeure toujours 10, même chez les espèces où celui des segments est apparemment réduit (*Thrixion*), mais ces organes ne sont pas limités à l'abdomen, qui ne compte que 7 anneaux, ni étendus au tronc tout entier qui en a 11.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de la constitution des matières protéiques par l'action hydrolysante de l'acide fluorhydrique. Obtention de peptides naturelles définies.* Note de MM. **L. Hugounenq** et **A. Morel**. présentée par M. Armand Gautier.

Dans une précédente Note (¹), nous avons indiqué que l'hydrolyse des matières protéiques peut être effectuée avantageusement par l'acide fluorhydrique à 25 pour 100, à la température du bain-marie bouillant. Nous nous proposons de montrer qu'en modifiant la concentration, cet agent d'hydrolyse permet d'obtenir soit la libération des acides amidés, soit un clivage incomplet de la molécule respectant des groupements formés de plusieurs acides amidés soudés ensemble à l'état de polypeptides dont nous avons pu préparer des dérivés cristallins (²). L'étude de ces polypeptides permettra d'éclairer le mode de distribution et de soudure des acides amidés dans les molécules protéiques.

I. *Hydrolyse fluorhydrique ménagée.* — Quand on hydrolyse par de l'acide de concentration inférieure à 20 pour 100, en prolongeant l'attaque jusqu'à

(¹) L. Hugounenq et A. Morel, *Comptes rendus*, juin 1908, p. 1291.

(²) L'un de nous, en collaboration avec M. Galimard, avait déjà signalé l'existence de ces polypeptides naturelles; plusieurs avaient été analysées (*Comptes rendus*, 23 juillet 1906).

disparition de la réaction du biuret, on obtient, en séparant les diamines, et en même temps que ces corps basiques, des substances incristallisables qui accompagnent l'arginine et la lysine ; ce sont des peptides comparables aux produits de synthèse préparés en soudant deux ou plusieurs acides amidés (arginyl-arginine, diarginyl-arginine, lysyl-lysine, etc.) ([1]).

En effet, les peptides naturelles que nous avons isolées sont assez simples pour former des picrates bien cristallisés, nettement différents de ceux des diamines par leurs propriétés physiques (conditions de cristallisation, solubilité, aspect des cristaux, point de fusion, etc.). Le pourcentage des éléments, déterminé par des analyses répétées, ne laisse à cet égard aucun doute. Nous avons ainsi extrait des produits de l'hydrolyse ménagée de la pepsine extractive plusieurs picrates :

1° Un bipicrate de diarginyl-arginine

$$(C^6H^{13}Az^4O - C^6H^{12}Az^4O - C^6H^{13}Az^4O^2).C^6H^3Az^3O^7.2H^2O$$

en beaux cristaux volumineux, fondant à 207° (corr.) ;

2° Un monopicrate de glutamyl-lysine

$$(C^6H^{13}Az^2O^2 - C^5H^8AzO^3).C^6H^3Az^3O^7.H^2O$$

bien cristallisé en prismes fusibles à 216°;

3° Un bipicrate de lysyl-lysine

$$(C^6H^{13}Az^2O^2 - C^6H^{13}Az^2O).(C^6H^3Az^3O^7)^2$$

cristallisé en petites tables fusibles à 238°-242°.

Des produits d'hydrolyse ménagée de la gélatine, nous avons retiré plusieurs picrates cristallisant dans les eaux mères des picrates d'arginine et de lysine ; c'est ainsi que nous avons analysé un monopicrate d'arginyl-arginine

$$(C^6H^{13}Az^4O^2 - C^6H^{13}Az^4O).C^6H^3Az^3O^7.2H^2O$$

en petites aiguilles groupées en boules, fondant à 213°.

Nous nous proposons de poursuivre l'étude de ces corps et des acides amidés constitutifs qui en dérivent, sans négliger l'action exercée par les ferments solubles sur ces peptides naturelles.

Remarquons, en passant, que les groupements provenant de la soudure de plusieurs molécules d'arginine semblent jouer dans la constitution de la molécule protéique un rôle important, conformément d'ailleurs à ce que Kossel avait déjà constaté pour les protones ([2]).

([1]) EMIL FISCHER et SUZUKI, *Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft*, t. XXXVIII, p. 4173.

([2]) KOSSEL et PRINGLE, *Zeitsch. physiol. Chemie*, t. XLIX, p. 301.

II. *Hydrolyse fluorhydrique profonde.* — Pour obtenir des acides amidés libres, privés de polypeptides, il est nécessaire d'employer l'acide fluorhydrique de concentration supérieure à 30 pour 100. La concentration varie d'ailleurs avec la nature des matières protéiques à détruire. Des essais comparatifs nous ont montré que l'action de l'acide à 60 pour 100, étendu des deux tiers de son volume d'eau, provoquait une hydrolyse complète de la gélatine. Si la concentration de l'acide est insuffisante, la prolongation de la durée de chauffe semble impuissante à résoudre certaines polypeptides.

En résumé, les peptides naturelles que nous avons réussi à isoler à l'état de combinaisons bien définies sont bien des groupements préexistant dans les matières protéiques, et non le résultat de soudures artificiellement provoquées par l'action de l'acide fluorhydrique, puisqu'elles sont beaucoup plus abondantes avec les acides dilués.

Leur étude intéressante nous éclaire sur les relations qu'affectent entre eux les acides amidés dans la molécule protéique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la fermentation ammoniacale.* Note de M. J. **Effront**, présentée par M. L. Maquenne.

Quand on ensemence des vinasses de distillerie avec de la terre de culture, elles entrent rapidement en fermentation, avec dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique.

Cette fermentation est activée par l'aération et la présence de carbonates alcalins; sous son influence les acides amidés disparaissent, en même temps qu'il se forme de l'ammoniaque et des acides gras volatils.

Par cultures sur plaques, à l'air et dans le vide, nous avons reconnu que cette fermentation ammoniacale des vinasses résulte de l'action symbiotique d'un ferment anaérobie et de ferments aérobies.

Le premier de ces organismes, signalé d'abord par Dehérain et Maquenne [1], puis isolé à l'état pur par Winogradski [2], est une bactérie butyrique; il se développe normalement dans un milieu aéré lorsqu'il est en présence d'espèces aérobies, mais en cultures pures se montre d'une sensibilité excessive pour l'oxygène. On l'a isolé des vinasses en fermentation par la méthode de Büchner.

---

(1) *Comptes rendus*, t. XCV, p. 854, et *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIX, p. 49.
(2) *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 353.

Sur vinasse stérilisée, à l'abri de l'oxygène, il décompose les acides amidés avec formation d'ammoniaque et d'acides gras. Si, avec cette culture, on ensemence alors une solution de glucose, également privée d'air, il se forme de l'acide butyrique, avec dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique.

Pour étudier de plus près la fermentation ammoniacale, nous nous sommes servi d'un milieu composé comme suit :

		g
Pour 100cm³	Glucose	2
	Cendres de levure	0,5
	Carbonate de potasse	0,2
	Acides amidés (asparagine ou autre)	3

Le liquide stérilisé était introduit dans une série de ballons reliés à des flacons laveurs contenant de l'acide normal.

Après ensemencement avec le ferment butyrique on a fait passer un courant d'azote et laissé fermenter à 40°. Le Tableau suivant donne la marche de la fermentation pour les différents acides amidés mis en expérience :

	Après 1 jour.			Après 3 jours.		Après 8 jours.		
	Glucose.	N total.	N amm.	Glucose.	N amm.	Glucose.	N total.	N amm.
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Glycocolle	1800	549	14	840	230	0	541	520
Bétaïne	2050	365	28	1060	138	35	367	342
Asparagine	1400	561	221	420	419	18	558	553
Acide glutamique	1720	278	11	58	97	9	286	239
Vinasses	115	834	36	0	621	0	827	756

Au début, la fermentation ammoniacale marche parallèlement avec celle du glucose et le maximum d'ammoniaque formée coïncide avec la disparition complète ou quasi complète de ce sucre. L'ammoniaque a été dosée par la méthode de François [1].

Tandis qu'avec les acides aminés, glycocolle, asparagine ou acide glutamique, l'ammoniaque formée est exempte d'amines, la bétaïne ne fournit que de la triméthylamine pure.

Avec une vinasse de densité 1,074, fermentée sans addition autre que celle de la semence microbienne, on a obtenu, pour 100 de produits ammoniacaux, 85 d'ammoniaque et 15 de triméthylamine.

Il se forme en même temps un mélange d'acides acétique, propionique et butyrique, dont la composition dépend de la nature du corps azoté soumis à l'expérience.

Le glycocolle et la bétaïne donnent surtout de l'acide acétique, l'asparagine de l'acide propionique et l'acide glutamique de l'acide butyrique. Avec la vinasse de distillerie, qui contient à la fois tous ces corps, on obtient naturellement, après fermentation, un

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 857.

mélange des mêmes acides, en rapport avec la nature et la proportion des amino-acides dédoublés :

	Acides		
	acétique pour 100.	propionique pour 100.	butyrique pour 100.
Glycocolle	69,7	5,2	25,1
Bétaïne	58,1	11,6	30,3
Asparagine	6	62,3	31,6
Acide glutamique	4,9	10,1	85
Vinasse	25,1	26,8	48,1

Des résultats analogues ont été obtenus en employant comme semence de la terre ordinaire, au lieu de cultures pures; la fermentation peut alors s'effectuer au contact de l'air.

On peut par conséquent provoquer la fermentation ammoniacale de deux manières différentes : *en milieu strictement anaérobie,* avec une culture pure de ferment butyrique, ou *en milieu aérobie* avec de la terre végétale.

La fermentation avec terre fournit ordinairement des résultats plus rapides et plus complets. Les ferments étrangers qu'elle renferme n'influencent guère la marche du phénomène et les ferments putrides, en particulier, voient alors leur action paralysée par l'aération.

Les expériences que nous venons de rappeler jettent une nouvelle lumière sur la fonction que remplissent les ferments butyriques dans le sol cultivé.

Dehérain et Maquenne (¹) ont les premiers attiré l'attention sur ce point : ils ont constaté que, dans certaines conditions, le ferment bntyrique peut amener une déperdition d'azote, en agissant comme réducteur sur les nitrates, avec formation d'azote et de protoxyde d'azote.

D'autre part, Winogradski a fait voir que, dans un milieu dépourvu d'azote combiné, le ferment butyrique peut fournir un travail diamétralement opposé à celui reconnu par Dehérain et Maquenne : il peut alors s'assimiler l'azote de l'air et contribuer ainsi à l'enrichissement du sol.

Ces données se trouvent complétées par l'action signalée par nous de ce même ferment sur les acides amidés, qu'il transforme en ammoniaque et acides gras volatils.

La présence constante du ferment butyrique dans le sol, ainsi que celle des produits d'hydrolyse des matières albuminoïdes, met en évidence le rôle

(¹) *Comptes rendus*, t. XCV, p. 691, 732 et 854; t. XCVII, p. 803; *Bull. Soc. chim.*, *loc. cit.*

que doit jouer cet organisme dans la suite des transformations qui amènent l'azote de l'air ou celui des réserves du sol à un état directement assimilable par les végétaux supérieurs.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la valeur des stries musculaires en lumière polarisée.* Note de M. **Fred Vlès**, présentée par M. Yves Delage.

Nous avons démontré précédemment (¹) que l'éclairement des organes contractiles entre nicols croisés peut relever de plusieurs origines, soit d'une biréfringence vraie, soit de phénomènes complexes de dépolarisation, et nous avons également indiqué que, contrairement à l'opinion courante, les éclairements dus à la biréfringence doivent être réduits aux seuls éléments myoïdes (fibres musculaires, myonèmes). Il y a lieu de se demander si cet éclairement des fibres musculaires est bien *homogène* et s'il ne s'y mêle pas d'autres phénomènes optiques que la biréfringence. On peut encore employer pour cette étude la méthode d'immersion, qui consiste à faire passer par une valeur 1 le rapport des indices de réfraction des milieux en présence.

1° *Fibres lisses (adducteur postérieur de Moule, bras de Poulpe, vessie de Triton, etc.).* — L'éclairement paraît entièrement dû à de la biréfringence : on n'observe, avec nos procédés d'investigation, aucune variation sensible de l'éclairement au moment de l'égalité d'indices de la fibre et du médium d'immersion. Cette égalité a été soigneusement repérée au procédé Schrœder von der Kolk, de façon à ne laisser aucun doute sur le moment où eût pu se produire la variation.

En général la fibre lisse entière (adducteur de Moule) est biréfringente; dans quelques cas au contraire on constate la séparation fort nette entre une zone fibrillaire biréfringente et une région sarcoplasmique éteinte (*Ascaris*).

2° *Fibres striées (divers muscles de Crustacés et d'Insectes).* — Les différents disques de la fibre striée sont loin d'avoir la même valeur et doivent être envisagés séparément.

(¹) F. Vlès, *Sur la biréfringence apparente des cils vibratiles* (*Comptes rendus*, 1908, p. 88-89). — D. Mackinnon et F. Vlès, *Sur les propriétés optiques de quelques éléments contractiles* (*Comptes rendus*, 1908); *On the optical properties of contractil organs* (*Journ. r. micr. Society*, 1908).

a. Disque Q. — Le disque Q est fortement biréfringent, sans variation d'éclairement aux approches de l'égalité d'indices entre le disque et le médium.

b. Disque Z. — L'éclairement des disques Z paraît dû à de la dépolarisation; on remarque fort bien l'extinction de ce disque au voisinage de l'égalité d'indices; le disque éteint se rallume quand on s'éloigne de cette égalité, soit dans un sens, soit dans l'autre.

Y a-t-il, dans cet éclairement, une part due à la biréfringence propre des lécithines du disque Z? Si elle existe, elle doit être très minime : la *réversibilité* de l'éclairement, quand la préparation s'éloigne de la zone d'extinction, paraît totale, et cependant les lécithines, solubles dans plusieurs des médiums employés, ne doivent plus jouer de rôle à ce moment. Des mesures fort délicates, et impossibles dans l'état de nos techniques, permettraient seules d'en juger en démontrant que l'éclairement n'est pas complètement réversible. La part d'éclairement due à ces lécithines est en tous cas négligeable à côté de la dépolarisation intense présentée par le disque Z.

c. Strie Q*h*. — La strie Q*h* a, en lumière polarisée, une existence très controversée. Engelmann la considère comme indistincte dans le reste du disque Q; d'autres auteurs (Flögel) comme *moins* biréfringente que les deux régions voisines Q_1 et Q_2; d'autres enfin (Rollett) comme non biréfringente. Il semble à première vue que l'opinion de Rollett soit exacte : on voit quelquefois une strie sombre, très nette, séparant le disque Q en deux, sur des muscles en place dans l'animal vivant (*Mysis* examinées par transparence). Cependant l'expérience montre que cette strie sombre ne résiste pas à une variation du rapport des indices de réfraction, et, en particulier, qu'elle disparaît toujours au moment où ce rapport passe par la valeur 1. A l'égalité d'indices, le disque Q est uniformément biréfringent et il n'y pas trace de strie Q*h*. Le phénomène est réversible, c'est-à-dire que, lorsqu'on s'éloigne de cette égalité d'indices, Q*h* finit par reparaître.

Il est difficile de dire si cette strie apparente sombre, visible dans les indices extrêmes, est une raie d'interférence, ou bien le résultat de réflexions totales sur une dénivellation de la surface de la fibre à ce niveau.

d. Disques I. — A l'égalité d'indices, les disques I sont rigoureusement éteints. La biréfringence de la fibre striée est donc réellement segmentée, contrairement à la théorie de Haycraft. Cependant, dans les indices extrêmes, et même sur le muscle frais, la région I est souvent le siège de phénomènes de dépolarisation assez accentués, simulant, de chaque côté de Z, une fibrillation longitudinale; c'est certainement d'un aspect analogue que divers auteurs ont conclu à une *biréfringence totale* des fibrilles (Rouget, Haycraft, Hürthle).

e. On observe parfois sur le bord des fibres lisses ou striées, dans les indices tout à fait extrêmes, des traces de dépolarisation tenant à la grande différence des indices de la fibre et du médium; elles disparaissent très vite dès que cette différence diminue. Ces phénomènes sont nettement anormaux et ne se présentent pas dans la pratique courante.

On voit donc que la fibre musculaire est un système optique beaucoup plus complexe qu'on ne le soupçonnait jusqu'ici.

PHYSIQUE MÉDICALE. — *Des applications de la d'Arsonvalisation localisées à certaines régions, principalement à la région céphalique.* Note de M. A. **Moutier**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Dans des travaux antérieurs nous avons montré qu'on pouvait déterminer de l'hypotension artérielle généralisée, lorsqu'on soumettait à la d'Arsonvalisation des sujets ayant une pression normale, en employant la méthode usitée jusqu'ici, c'est-à-dire le grand solénoïde, qui entoure le corps tout entier. Or, il existe toute une catégorie de malades dont les troubles semblent provenir d'une hypertension artérielle localisée à une certaine région du corps, comme l'a montré d'abord Potain et surtout dans ces dernières années M. Teissier, de Lyon. Chez ceux-ci, on ne peut donc pas avoir recours à l'action hypotensive du grand solénoïde, et les résultats que nous obtenions avec la méthode par condensation à l'aide de la chaise longue nous ont paru insuffisants.

Dans ces conditions, nous avons pensé qu'il serait intéressant de ne soumettre à l'action du courant que la région dans laquelle on aurait reconnu ou soupçonné de l'hypertension artérielle. Nous nous sommes servi à cet effet d'un solénoïde d'une hauteur de $0^{m},30$ environ, n'influençant que la région sur laquelle nous désirons agir.

Nous nous bornerons aujourd'hui à exposer les résultats que nous avons observés en appliquant ce mode d'électrisation à la région céphalique; dans ces cas, la cage entourait uniquement la tête et sa partie inférieure était au niveau des épaules.

Une étude préliminaire s'imposait : savoir, si, dans ces conditions, le courant pouvait avoir une action sur la pression artérielle mesurée à la radiale. Nous avons alors soumis à ce mode d'électrisation deux séries de malades, les uns ayant une pression radiale normale, les autres une pression radiale beaucoup plus élevée que la normale. Dans les deux cas, nous avons observé que la pression restait invariable au niveau de la radiale; comme moyen de contrôle, nous avons ensuite soumis à l'action du grand solénoïde les sujets ayant de l'hypertension radiale et, comme toujours, nous avons constaté un fort abaissement; nous n'avions donc, par le premier procédé, déterminé aucun changement dans la circulation générale au point de vue de la pression, tout au moins au niveau de la radiale.

Nous avons alors soumis à ce mode d'électrisation toute une série de malades ayant tous une pression artérielle normale au niveau de la radiale, après avoir eu de l'hypertension artérielle généralisée plus ou moins grande; tous avaient des phénomènes subjectifs analogues, que l'on rencontre dans la neurasthénie ou plutôt dans la neuro-

sthénie à forme céphalique : vertiges, étourdissements, fatigue cérébrale, impuissance intellectuelle plus ou moins marquée, etc.; accidents qui, en général, avaient diminué d'intensité avec le retour de la pression radiale à la normale, mais qui persistaient cependant néanmoins malgré l'amélioration de la circulation générale. Ces malades doivent être divisés en deux groupes au point de vue d'un phénomène objectif important; tandis que, à l'état normal, on ne perçoit pas ou que peu les battements de l'artère temporale, dans un premier groupe de nos malades non seulement ces battements étaient perceptibles, mais on pouvait même mesurer la pression artérielle en ce point; dans l'autre groupe, on ne constatait pas d'anomalie à ce point de vue.

Chez tous ces malades, les résultats furent les mêmes : disparition de tout phénomène objectif, la pression artérielle diminuait au niveau de la temporale, elle n'était plus mesurable et ensuite elle n'était plus perceptible; les phénomènes subjectifs, eux aussi, diminuaient d'intensité ou disparaissaient. On obtient ainsi une amélioration plus ou moins grande de ces états, suivant les cas, et même une guérison symptomatique tout au moins.

Dans ces cas, ce mode d'électrisation semble donc avoir eu une action sur la circulation locale, sans en avoir sur la circulation générale.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension de la nappe rhétique dans les Préalpes bernoises et fribourgeoises.* Note de M. F. **Rabowski**, transmise par M. Michel Lévy.

Au cours de mes levés détaillés dans le Bas-Simmenthal, j'ai pu reconnaître, dans cette zone synclinale des Préalpes médianes, l'existence de restes considérables d'une nappe supérieure, en recouvrement sur le Flysch.

Je considère ces lambeaux comme appartenant à la nappe rhétique, nappe dont M. Steinmann a signalé l'existence dans les Préalpes en 1905 (¹).

Dans la région qui a fait l'objet de mes études, j'ai constaté, dans cette nappe, la présence des éléments stratigraphiques suivants :

1° Radiolarite rouge ou verte (Malm), passant stratigraphiquement vers le bas à des calcaires siliceux gris brun.

2° Calcaire gris blanc à *Aptychus* et à Radiolaires, représentant probablement le Malm supérieur et le Crétacé inférieur;

(¹) G. Steinmann, *Geologische Beobachtungen in den Alpen* (II) (*Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br.* Band XVI, 1905, p. 18-67).

3° Calcaire à entroques avec *Orbitolina conica*, caractéristique du Cénomanien;

4° Un complexe de schistes et calcaires à Globigérines appartenant au Crétacique supérieur.

J'ai reconnu en outre l'existence de deux nouveaux affleurements ophitiques au sud du Jaunpass.

Il résulte de mes observations que dans le Simmenthal la nappe rhétique est conservée dans deux synclinaux secondaires, eux-mêmes repliés et séparés par une zone anticlinale.

Dans le synclinal septentrional existe un lambeau de radiolarite, calcaires à *Aptychus* et de couches à Globigérines, occupant une longueur de $3^{km},5$, à partir de Boltingen vers le Nord-Est La largeur de ce lambeau peut atteindre $0^{km},6$.

D'autres fragments plus petits prolongent cette masse dans la direction d'Oberwil. A l'est de ce point j'ai encore rencontré, à partir de Ringoldingen, d'autres masses restreintes, pincées dans le Flysch préalpin et appartenant à la nappe rhétique (couches à Globigérines de Kleindorf, et calcaire présentant le facies habituel des calcaires à Aptychus au nord-est de Latterbach).

Dans le synclinal méridional, j'ai suivi la nappe rhétique depuis les environs de Oey (confluent du Simmenthal et des Diemtigthal) jusqu'au Jaunpass et au Regenmoos, d'une manière presque ininterrompue, sur une longueur de 21^{km}. Cette importante zone rhétique couvre une étendue considérable sur le versant droit du Simmenthal (Eggweidhubel, Sewelenlasweid, Stutz, Scharöst, Seitengrat, Schüpfen, Fürsteiniwald, Hohenlasswald, Goldbach). Sa largeur atteint $1^{km},8$ au sud-est de Boltigen. Elle se continuait au-dessus du thalweg de la Simme à Weissenbach et se retrouve sur la rive gauche de cette rivière, où elle occupe un territoire étendu vers le Jaunpass et dans la direction de Zimmerboden et de Regenmoos.

On rencontre encore de petits lambeaux de la nappe rhétique dans la continuation de ce synclinal vers le Sud-Ouest; le bloc de variolite des Fenies en est un exemple.

Partout, dans le synclinal du Simmenthal, les terrains que j'attribue à la nappe rhétique reposent sur le Flysch préalpin. Au contact de celui-ci, la nappe rhétique est représentée le plus souvent par le complexe des calcaires et schistes à Globigérines, lesquels renferment parfois au voisinage du contact des lames de radiolarite ou de calcaire à *Aptychus*.

Des lames du Crétacique supérieur ont été arrachées aux Préalpes médianes par la nappe rhétique dans sa marche en avant, et sont actuellement pincées entre la nappe et le Flysch préalpin de son substratum. (Schüpfengraben, Amertengraben, forêt au sud-ouest de Weissenbach, Flühli.)

Dans le synclinal tertiaire qui s'étend au nord de l'anticlinal des Gastlose,

et qui est la continuation du synclinal Ayerne-Vert-Champ, M. Jeannet et moi avons rencontré d'autres lambeaux de la nappe rhétique.

Les trois principaux lambeaux se trouvent au Jeu de Quilles, à la Gueyre (point 1902^m) et à la Brendelspitz.

Nous y avons constaté la présence de radiolarite rouge ou verte (Malm), passant stratigraphiquement vers le bas à des calcaires silicieux gris brun. A la partie supérieure, la radiolarite passe aux calcaires gris blanc à *Aptychus* (Malm supérieur et Crétacique inférieur).

Ces lambeaux reposent nettement sur le Flysch préalpin, bien que localement ce dernier puisse être renversé sur les terrains appartenant à la nappe rhétique.

Il résulte de mes observations que la présence de la nappe rhétique dans le synclinal le plus externe n'est pas nécessairement liée à celle de la nappe de la Brèche.

GÉOLOGIE. — *La nappe rhétique dans les Préalpes vaudoises*. Note de M. **Alphonse Jeannet**, transmise par M. Michel Lévy.

Au cours de recherches exécutées en vue de la monographie d'une partie des Préalpes viennoises (massif des Tours d'Aï et régions avoisinantes), en 1907-1908, j'ai fait les constatations suivantes :

La zone synclinale d'Ayerne, limitée au Nord-Ouest par l'anticlinal du mont Arvel-Malatrait et au Sud-Est par celui des Tours d'Aï, est occupée par le flysch reposant lui-même sur les *Couches rouges,* dont la base appartient au *Cénomanien supérieur*. Dans le flysch préalpin consistant en schistes et grès micacés, j'ai rencontré un complexe de sédiments complètement différents et n'ayant aucun rapport tectonique avec lui.

Les affleurements sont localisés, sur une distance de 6^{km}, entre le torrent de Tompey et l'Hongrin. Le torrent de Nairvaux présente la coupe la plus complète ; les phénomènes tectoniques sont là particulièrement intenses.

Le, terrains suivants ont été constatés :

1° *Malm,* sous la forme de *radiolarite ;*

2° *Néocomien,* calcaires blanchâtres ou gris clair à parties siliceuses et lits argileux noirs ; j'y ai rencontré quelques sections d'*Aptychus ;*

3° *Cénomanien*, calcaires gréseux et brèches fines à *Orbitolines,* qui semblent passer latéralement à des brèches plus grossières et à un conglomérat.

Le tout est englobé dans de singuliers schistes noirs, dont une partie est certainement d'âge crétacé; j'y ai en effet trouvé de véritables *schistes marneux à Orbitolines*.

La radiolarite, dont la présence dans cette région m'avait été signalée par M. le professeur Lugeon, en 1906, est représentée par un jaspe verdâtre compact passant graduellement aux calcaires clairs à *Aptychus*, dont la partie inférieure appartient peut-être encore au Malm.

Le Cénomanien à Orbitolines apparaît sous différents facies.

a. Calcaires gréseux fins à *Acanthoceras Mantelli* Sow et grandes *Orbitolines* (*O. plana* d'Arch);

b. Brèche marno-calcaire à cailloux du facies *a*, signalée par moi en 1908 (¹);

c. Grès plus ou moins fins à petites *Orbitolines* coniques (*O. conica* d'Arch) et débris de plantes;

d. Calcaires compacts noirs; la surface des bancs est pavée d'*Orbitolina concava* Lamk.

Un conglomérat à cailloux de radiolarite assez nombreux m'a fourni des fragments d'Huîtres et une Orbitoline.

Dans une brèche grossière à éléments presque exclusivement néocomiens, j'ai trouvé des débris d'Inocérames.

Les fossiles suivants ont été constatés dans cet étage :

Belemnites ultimus d'Orb.; *Acanthoceras Mantelli* Sow (communiqué par M. le professeur Schardt); *Modiola flagellifera* Forbes; *Pinna bicarinata* Math; *Trigonia sulcataria* Lamk. Nombreux Gastropodes et Polypiers. *Orbitolina plana* d'Arch (35^{cm}-40^{cm} de diamètre); *O. conica* d'Arch; *O. complanata* Lamk.

Il existe en outre un grès siliceux dont un banc renferme une véritable lumachelle de petits Lamellibranches et Gastropodes à l'état de moules. Ces fossiles assez indifférents ne m'ont pas encore permis d'en déterminer l'âge.

A quelle unité tectonique convient-il de rattacher ces terrains? A prendre ce complexe dans son ensemble il n'existe rien de semblable dans les nappes des Préalpes médianes ou de la Brèche du Chablais. Le Cénomanien n'est connu nulle part, dans les Alpes suisses, sous ce facies. Nous devons donc rechercher les analogies ailleurs, et toutes les probabilités sont en faveur de la *nappe rhétique* signalée pour la première fois, en 1905, par M. G. Steinmann (²). Cette nappe, en effet, a pour formations caractéristiques : des roches éruptives basiques, des radiolarites du malm, des calcaires à *Aptychus* en partie néocomiens et une brèche cénomanienne (*loc. cit.*, p. 21).

(¹) A. Jeannet, *Procès-verbaux Soc. vaud. sc. nat.*, t. XLIV, 1er avril 1908.

(²) G. Steinmann, *Geologische Beobachtungen in den Alpen* (*Die Schardtsche Ueberfaltungstheorie u. s. w. Ber. nat. Gesell. Freiburg i. B.*, Band XVI, sept. 1905, p. 18-67).

Malgré de patientes recherches, je n'ai découvert nulle part, dans le synclinal d'Ayerne et son prolongement nord-est, de roches éruptives. La nappe rhétique peut n'en avoir pas entraîné dans cette région. Ces roches basiques paraissent localisées, en ce qui concerne les Préalpes de la rive droite du Rhône, dans les synclinaux immédiatement en arrière de celui qui nous occupe et particulièrement dans celui du Simmenthal.

Les roches à radiolaires et les calcaires à *Aptychus* sont par contre uniformément répandus dans cette nappe.

Sa présence dans le synclinal d'Ayerne montre qu'elle n'est pas nécessairement liée à la nappe de la Brèche dont le pli frontal se trouvait en arrière. *Elle a donc débordé en avant de la Brèche;* on peut ainsi s'attendre à la retrouver dans des régions plus externes des Préalpes et en particulier au nord-ouest du plateau des Gêts.

L'emplacement primitif des terrains constituant la nappe rhétique était évidemment très au Sud. L'analogie de facies entre le *Cénomanien* dont j'ai prouvé l'existence ici et celui du sud-est de la France conduit à penser qu'il existait à cette époque une communication de la Mésogée entre ces deux régions.

La présence de brèches et de conglomérats à éléments de radiolarite et calcaires néocomiens prouve l'existence de mouvements tectoniques antécénomaniens ou cénomaniens.

La *nappe rhétique,* connue sur le plateau des Gèts en Savoie et soupçonnée dans le Haut-Simmenthal, peut dès maintenant être suivie sans difficultés dans les *Préalpes vaudoises;* sa position supérieure aux autres nappes, sa faible épaisseur comparée à celles-ci, n'ont permis sa conservation qu'à l'état de lambeaux extrêmement dispersés, jalonnant, dans la plupart des cas, certains synclinaux tertiaires de la nappe des Préalpes médianes ou de celle de la Brèche du Chablais.

GÉOLOGIE. — *Sur des phénomènes de charriage en Anjou et en Bretagne.* Note de M. E. Jourdy, présentée par M. Ch. Barrois.

Lors de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France, en septembre 1908, j'ai donné la description du *Synclinal crevé,* qui résulte de la belle coupe de la mine de Chalonnes. Ce grand synclinal carbonifère se poursuit sur une grande longueur, depuis la baie des Trépassés, à travers la Bretagne et l'Anjou, et se prolonge par le bassin houiller de Com-

mentry jusqu'au méridien de Moulins (1° longitude Est), axe tectonique de la France, où, par rebroussement, il se continue par le synclinal carbonifère qui passe au pied de la Serre, entre le Jura et les Vosges; en Bretagne, il est fortement comprimé entre les mâchoires puissantes du sillon de Bretagne et de la lande de Lanvaux, deux des directions tectoniqnes de la France (¹). Sa fracture à Chalonnes a entraîné verticalement les couches dinantiennes dans une des fosses bretonnes du substratum archéen. C'est un phénomène dynamique de profondeur.

Les deux flancs de ce synclinal présentent, en outre, dans cette région de Chalonnes, des phénomènes de transport mécaniques superficiels qui sont révélés par l'existence de *plissements écrasés* et d'*écailles de charriage*.

Le long du flanc septentrional du grand synclinal, à la Cornuaille, à 25^{km} au nord-ouest de la mine de houille de Chalonnes et à 10^{km} au nord-est de la mine de houille de la Rouxière, une tranchée de la route permet d'observer un pli couché dans la direction du Nord, formé du Silurien bleu (schistes ardoisiers et grès armoricain de l'Ordovicien) qui est écrasé contre des plis du Silurien rouge (schistes, grès et conglomérat du Cambrien). Cet effet mécanique implique un déplacement horizontal du Silurien moyen, contre son flanc septentrional.

Or, sur le bord méridional du synclinal, une écaille de charriage peut se reconnaître dans une petite coupe relevée au cimetière de Chalonnes : à la base, les schistes gothlandiens y ont une allure absolument plane, tandis qu'au sommet de la coupe, les schistes ordoviciens sont fortement ondulés, et la surface de séparation est tapissée d'une mince couche de quartz analogue aux petits filons des diaclasses qui traversent les schistes gothlandiens de la région. La partie plissée figure la tête brisée d'un anticlinal couché et charrié par-dessus la partie plane et autochtone. La position de l'écaille indique également un mouvement tectonique dans le sens du Sud au Nord.

Le massif nantais de micaschistes présente d'autres exemples d'écailles de charriage. La coupe de la berge gauche de l'Erdre, à Port-Durand, près de Nantes, à laquelle j'ai conduit, le 17 janvier 1909, les membres de la Société des Sciences naturelles de Nantes, montre des micaschistes dont les couches sont presque verticales. Leur stratification est interrompue par plusieurs paquets qui ne participent en rien à l'allure normale du massif, car leurs ondulations variées ne se prêtent à aucun essai de raccordement avec les couches encaissantes au milieu desquelles elles se sont tapies et

(¹) E. Jourdy, *Esquisse tectonique du sol de la France* (*Comptes rendus*, 30 juillet 1906).

moulées le long des parois d'aspect séricileux par un effet de friction. Ces écailles proviennent donc d'ailleurs, mais leur origine ne saurait être lointaine, car les différences de structure élémentaire entre les deux sortes de roches ne sont pas considérables : la roche autochtone est très schisteuse et renferme à la fois du mica brun et du mica noir, tandis que la roche des écailles est grenue et à peu près dépourvue de mica blanc.

Les vides entre les cavités de la roche encaissante et les couches replissées des écailles sont comblés par des tampons de pegmatite, roche qui apparaît généralement au voisinage des plissements les plus fortement actionnés par les phénomènes mécaniques de la région.

Il est probable qu'on trouvera encore d'autres exemples de phénomènes de charriage en Bretagne. Mais il ne faut pas s'attendre à y découvrir de véritables nappes de recouvrement, car le décapage des roches primaires s'y est exercé pendant de longues périodes géologiques, et le sol actuel de la vieille Armorique n'est plus que la racine des reliefs qui ont été formés par les phénomènes dynamiques de tout âge. On ne doit guère espérer y trouver autre chose que de faibles témoins qui suffiront toutefois pour compléter la connaissance des phénomènes tectoniques de cette partie de l'ouest de la France.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier* 1909. Note de M. **Moureaux**, transmise par M. Bouquet de la Grye.

Les observations magnétiques organisées en 1901 à l'Observatoire du Val-Joyeux, par le Bureau central météorologique, ont été continuées en 1908, par M. J. Itié, avec les mêmes appareils et réduites d'après les mêmes méthodes que les années précédentes.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1909 résultent de la moyenne des valeurs horaires relevées au magnétographe le 31 décembre et le 1er janvier, rapportées à des mesures absolues faites le 28 décembre et le 2 janvier.

La variation séculaire des différents éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1908 (1).

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 45.

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux.

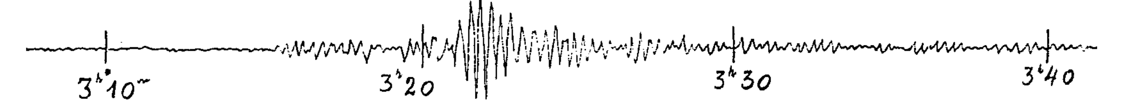
Éléments.	Valeurs absolues au 1er janvier 1909.	Variation séculaire.
Déclinaison occidentale...........	14°36',31	—6',59
Inclinaison......................	64°43',8	—0,8
Composante horizontale..........	0,19733	—0,00011
» verticale............	0,41803	—0,00047
» nord................	0,19095	—0,00001
» ouest...............	0,04976	—0,00039
Force totale.....................	0,46227	—0,00047

La variation séculaire de la déclinaison a diminué à peu près régulièrement depuis 1889 (5',92) jusqu'en 1902 (— 3',56), époque d'un minimum; depuis 1903, elle s'accentue et atteint 6',59 en 1908.

La station magnétique du Val-Joyeux est située à Villepreux (Seine-et-Oise), par 0°19'23" de longitude Ouest et 48°49'16" de latitude.

SISMOLOGIE. — *Tremblement de terre du 23 janvier 1909.* Note de M. **Alfred Angot.**

Le tremblement de terre du 23 janvier a été enregistré à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, sur le sismographe photographique Milne, provisoirement en usage. On trouvera ci-dessous la partie la plus intéressante du sismogramme pour la composante E.-W. des mouvements du sol (pendule N.-S. amorti). Sur l'autre composante, qu'il n'a pas été possible d'amortir, les indications sont troublées par les oscillations propres de l'instrument, au point d'être à peu près indistinctes. Les heures sont indiquées, sur le diagramme, en temps moyen civil local.



Les mouvements ont débuté vers $2^h 56^m,7$ (temps moyen civil de Greenwich) par des oscillations à peine perceptibles; ils sont devenus notables à $3^h 1^m,4$. Les grandes oscillations ont commencé à $3^h 6^m,2$ et le maximum a été observé à $3^h 12^m,0$; à ce moment l'amplitude a atteint 15^{mm}. Une déviation de 1^{mm} sur le tracé correspond à une inclinaison du sol de 0",48. Les

mouvements ont décru ensuite peu à peu; ils n'ont cessé complètement que vers $5^h 20^m$.

Le sismographe Milne se prête mal à l'étude des oscillations préliminaires. Si l'on admet, ce qui n'est nullement certain, que les deux premières époques indiquées ci-dessus correspondent au début des deux phases de ces oscillations, la durée de la première phase aurait été de $4^m,7$. La formule de Laska indiquerait alors pour l'épicentre une distance approximative de 3700^{km}. Si l'on fait intervenir la durée totale ($9^m,5$) des oscillations préliminaires, on trouverait respectivement pour l'épicentre des distances de 3200^{km} par la seconde formule de Laska et de 4400^{km} par celle de la Commission sismologique japonaise.

M. **A.-P. Filippi** adresse une Note intitulée : *Navigation aérienne.*

M. **Joseph Rodet** adresse une Note intitulée : *Pendule compensé.*

(Renvoi à l'examen de M. Appell.)

M. **Joseph Joffroy** adresse deux exemplaires manuscrits de sa *Table pliante de multiplication.*

M. **N. Gercevanoff** adresse une Note intitulée : *Solution générale de l'équilibre d'un corps élastique à deux dimensions, dont le contour est formé de deux courbes régulières.*

A 4 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures et demie.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er FÉVRIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Mangin* pour occuper, dans la Section de Botanique, la place vacante par suite de l'élection de M. *Ph. van Tieghem* aux fonctions de Secrétaire perpétuel.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. Mangin prend place parmi ses Confrères.

AGRONOMIE. — *Sur la diffusion des engrais salins dans la terre.* Note (1) de MM. A. Muntz et H. Gaudechon.

On admet généralement que les matières salines qu'on emploie pour la fumure des terres, telles que le nitrate de soude, le sulfate d'ammoniaque, le chlorure et le sulfate de potassium, pour ne citer que les plus usités, se diffusent rapidement dans la terre, à la suite de la dissolution qu'elles subissent au contact de l'eau du sol.

Même pendant les périodes de grande sécheresse, la terre contient toujours plusieurs centaines, même plusieurs milliers de fois, la quantité d'eau nécessaire à la dissolution des 200kg à 300kg d'engrais salin qu'on donne habituellement par hectare.

(1) Présentée dans la séance du 25 janvier 1909.

Mais la terre n'est pas un milieu continu et l'eau qu'elle renferme ne peut pas être comparée à une nappe homogène. Elle est en réalité constituée par un assemblage de particules plus ou moins fixes, autour desquelles l'eau s'étale en une couche mince et qui sont séparées par des espaces où l'air circule. On comprend dès lors que les faits qui règlent la dissolution et la diffusion ultérieure des sels au sein de la terre ne soient pas aussi simples qu'ils apparaissent au premier abord. Et cela est d'autant plus concevable que ces sels ne sont pas répandus en poudre fine, mais en cristaux plus ou moins gros, ou en fragments agglomérés. L'épandage n'est pas non plus uniforme, et certaines parties de la surface du sol reçoivent des quantités relativement massives de sel, alors que d'autres en sont dépourvues.

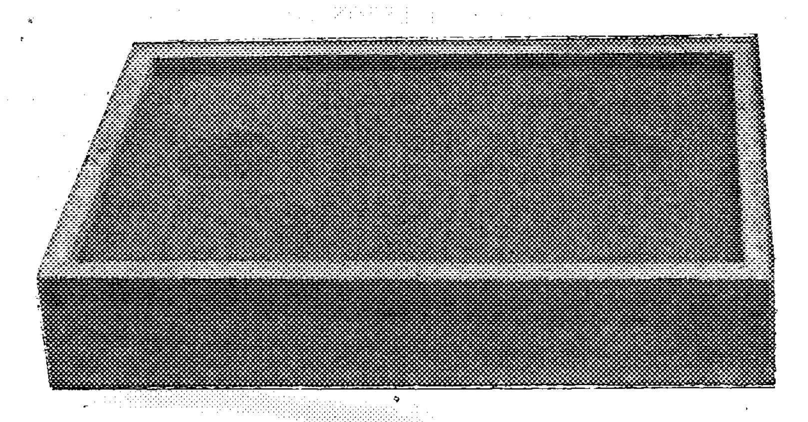


Fig. 1. — Après 2 jours.

Nous avons voulu nous rendre compte de la manière dont se comporte la matière saline quand on la jette à la surface du sol ou qu'on l'incorpore à ce dernier.

Nous avons d'abord enfoui, de place en place, à une faible profondeur, dans une terre sèche à l'air, contenant 7 à 8 pour 100 d'eau et ayant la couleur relativement claire qui dénote le caractère de la siccité relative, des cristaux de nitrate de soude, de chlorure de potassium. Au bout de 1 à 2 jours, nous avons vu apparaître, à l'endroit où le sel a été déposé, des taches humides qui foncent la couleur de la terre et qui s'agrandissent graduellement, de jour en jour, pendant des semaines et même des mois, comme le ferait une tache d'huile sur le papier. La surface du sol est comme tigrée. Si l'on examine séparément la terre prise dans le noyau humide formé à l'endroit où le sel a été déposé, et la terre prise dans les intervalles

entre ces noyaux humides, on constate qu'aucune trace du sel ne s'est diffusée dans ces intervalles, mais que ceux-ci se sont desséchés au profit du noyau salin. L'eau qu'ils contenaient a cheminé à l'état de vapeur entre les

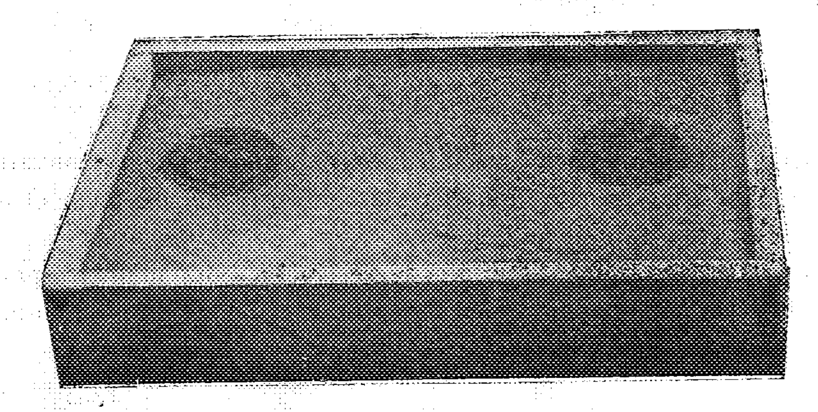


Fig. 2. — Après 14 jours.

interstices des particules terreuses et s'est concentrée dans la partie où la solution saline, de tension de vapeur moins grande, s'est localisée. Il en résulte, dans une terre primitivement homogène, une division en deux par-

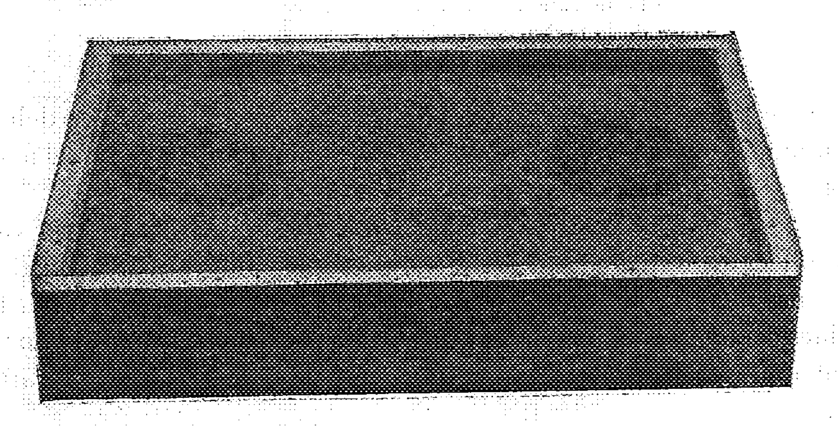


Fig. 3. — Après 48 jours.

ties distinctes : 1° la partie où le sel a été déposé, où il s'est dissous et où il est resté concentré dans un rayon peu étendu, qui a absorbé l'humidité des parties voisines; 2° les intervalles où aucune trace du sel n'est parvenue et qui se sont desséchés au profit de la zone salée.

Nous avons reproduit par la photographie ce phénomène frappant et nous donnons un spécimen des effets observés (*fig.* 1, 2, 3).

Dans d'autres expériences, une terre siliceuse légère, à 3,2 pour 100 d'eau, a donné au bout de 8 jours :

	Pour 100 d'eau.
Dans les taches salées	7,3
Dans les intervalles entre les taches	2,6

La terre s'était donc desséchée en faveur du noyau où se trouvait placé le sel. Quant à ce dernier, il était resté concentré dans la tache et aucune trace ne s'en était diffusée au dehors.

Dans un autre essai fait sur une terre légère, contenant 4,3 pour 100 d'eau et sur laquelle on a placé en un point du chlorure de potassium, on a constaté au bout de 10 jours :

	Pour 100 d'eau.
Dans les taches salées	8,7
Dans les intervalles entre les taches	3,1

Quant au chlorure de potassium, voici comment il se trouvait réparti au bout du même temps :

	Pour 100 de terre.
Dans la tache salée	1,48
A 20^{mm} de la tache	0,03
Dans la terre primitive témoin	0,03

Aucune trace de sel ne s'était donc diffusée dans la terre, en dehors du noyau humide qui s'était formé autour du point où le cristal de sel avait été déposé.

De nombreuses observations, faites sur des terres de nature très variées, nous ont montré que ce fait est général et que toute terre à laquelle on a donné des engrais salins est comme tigrée, c'est-à-dire se couvre de taches humides, ou plutôt de noyaux humides, dans lesquels le sel reste concentré, les intervalles entre les taches se trouvant desséchés par la migration de l'eau.

Ces observations donnent l'explication d'un fait souvent constaté dans la pratique agricole, celui de la mauvaise levée des graines quand on répand des engrais salins à l'époque des semailles. Voici ce qui se produit alors : les graines qui tombent dans les parties humides, où le sel reste concentré, se trouvent en présence d'une solution fortement salée, qui fait périr la jeune plante dès la germination; celles qui tombent dans les intervalles entre les

taches sont en présence d'une terre qui s'est desséchée par la migration de l'eau, et dès lors la germination n'a pas lieu.

Nous avons pu constater avec quelle netteté cet effet se produit : dans une terre de jardin contenant 9,8 pour 100 d'eau, nous avons placé de distance en distance des fragments, d'environ 2g chacun, de nitrate de soude et de chlorure de potassium, une autre partie de la terre restant comme témoin. Puis on a semé symétriquement des grains de blé et d'avoine.

Au bout de 3 semaines, on a examiné la végétation sur des surfaces identiques de terrain.

Dans la parcelle témoin, sans sels, 34 grains de blé et d'avoine, sur 36 semés, étaient levés et en bonne végétation. Dans les parcelles ayant reçu le nitrate de soude et le chlorure de potassium, aucun grain, sur les 36 semés dans chaque parcelle, n'avait germé.

Cette expérience est donc bien démonstrative.

Toutes les observations qui précèdent se rapportent à des terres prises pendant les périodes de sécheresse, c'est-à-dire alors que la terre n'est pas ce qu'on appelle *fraîche,* laissant une impression d'humidité dans la main. Mais lorsqu'il y a eu des pluies récentes, que la terre est franchement humide, qu'advient-il au point de vue de la répartition du sel qui lui est donné?

Il semblerait que dans les sols qui ont reçu la pluie et qui se sont ensuite ressuyés sans se dessécher, la diffusion des engrais salins dût être rapide. Ici, nous nous trouvons en présence de terres contenant assez d'eau pour posséder cette couleur foncée qui caractérise la terre mouillée. Aussi l'apparition des taches ne se manifeste-t-elle plus; nous devons donc procéder au dosage du sel dans les diverses parties de la terre, pour observer la manière dont se produit la diffusion; une terre de jardin, légère, contenant 15,6 pour 100 d'eau, a reçu en un point déterminé 2g de nitrate de soude, qu'on a enfoui à 1cm de profondeur; une autre portion de le même terre a reçu de la même manière du chlorure de potassium. Au bout de 6 jours on a prélevé des lots de terre; on a trouvé :

	Pour 100 de terre.	
	Nitrate de soude.	Chlorure de potassium.
Points ayant reçu les sels	2,34	4,44
A 25mm de ces points	0,04	0,03
A 50mm de ces points	0,04	0,03
Terre témoin	0,04	0,03

Aucune diffusion du sel, dans le sens horizontal, à 25mm du point où le sel avait été placé, ne s'était donc produite au bout de 6 jours.

Y a t-il cheminement dans le sens vertical? On pouvait penser que la solution formée au contact du sel et de la terre humide se déplacerait de haut en bas, en raison de sa densité plus grande que celle de l'eau du sol. Pour s'en assurer, on a prélevé, également au bout de 6 jours, de la terre à 25^mm^ au-dessous du point où les sels avaient été placés. On n'a constaté aucun cheminement de la solution salée vers les couches inférieures.

Cependant, dans les sols mouillés, si nous prolongeons la durée, nous constatons une certaine diffusion jusqu'à une petite distance de l'endroit où les sels ont été placés. Ainsi, dans une terre meuble, contenant 16,1 pour 100 d'eau, nous avons pu constater qu'au bout d'un mois une petite quantité de sel avait apparu à 20^{mm} du point où il avait été enfoui; mais, à 40^{mm}, il n'y en avait aucune trace. Si dans une terre d'un degré de siccité relatif on ne constate aucune diffusion du sel, même au bout de plusieurs mois, dans les terres franchement humides, il y en a donc une, faible il est vrai, mais pourtant manifeste.

Dans les terres tout à fait imprégnées d'eau, surtout si elles sont fortement tassées, cette diffusion s'accentue quelque peu; on se trouve alors en présence d'un milieu n'offrant plus autant de discontinuité dans la masse d'eau imbibant la terre.

On eût pu croire que les pluies tombant sur un sol ayant reçu des engrais solubles dussent répartir ceux-ci rapidement. Pour nous en assurer, nous avons exposé à la pluie diverses terres ayant reçu, sur une ligne médiane, de l'engrais salin. Ces terres étaient placées dans des caisses permettant de prélever horizontalement, par une des faces verticales, à l'aide d'une sonde, des lots en des points déterminés de la masse terreuse. Nous avons ainsi constaté par l'analyse que l'effet de l'eau de pluie se borne à opérer un déplacement, de haut en bas, de la solution salée, sans diffusion latérale sensible. Ce n'est que lorsque les pluies sont très prolongées qu'on peut constater un léger développement en éventail, indiquant un lent cheminement du sel de proche en proche.

En résumé, nous devons regarder la terre comme un milieu discontinu, dans lequel la diffusion des matériaux, même les plus solubles, ne se fait qu'avec une extrême lenteur (¹), où peuvent coexister, pendant un long temps, des zones de composition différente, que les façons culturales finissent par unifier.

(¹) A rapprocher d'observations faites à Rothamsted, par le Dr A.-D. Hall [*Theories of manure and fertilizer action* (*Science*, 6 novembre 1908)].

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur une fructification de Lycopodinée trouvée dans le Trias*. Note [1] de M. P. **Fliche**, communiquée par M. Zeiller.

Les collections du Laboratoire de Géologie de la Sorbonne renferment, en empreinte et en contre-empreinte, un fossile végétal que M. Haug a bien voulu me confier pour en faire l'étude. Il a été trouvé dans le Grès bigarré, aux environs d'Épinal; bien qu'il soit en mauvais état de conservation, il est facile de voir qu'il s'agit d'un organe reproducteur constitué par un axe allongé, cylindrique, complètement dépourvu de feuilles, s'épaississant à son sommet en un réceptacle arrondi portant un capitule de bractées ou feuilles fertiles; mais en dehors de la dimension en longueur de celles-ci, de la forme globuleuse du capitule qu'elles forment, il est impossible de se rendre compte de la forme de ces feuilles ou bractées, sinon qu'elles paraissent avoir été allongées et étroites. Il était impossible d'ailleurs de savoir ce qu'elles avaient porté : sporanges ou graines. Malgré l'imperfection de ce fossile, il était facile de voir qu'il s'agissait probablement d'un type générique sensiblement différent de tout ce qui avait été décrit jusqu'ici dans le même terrain, et cela rendait fort désirable la découverte d'un nouvel échantillon permettant de se rendre plus complètement compte de sa structure.

Un heureux hasard en a mis récemment un entre mes mains : M. l'Abbé Mélinette, élève du Laboratoire de Géologie de l'Université de Nancy, l'a trouvé dans les carrières de Merviller-Vacqueville, entre Baccarat et Badonviller (Meurthe-et-Moselle), qui ont déjà fourni des documents singulièrement intéressants pour l'étude de la flore du Grès bigarré; grâce à l'obligeante intervention de M. Nicklès, l'auteur de la trouvaille a bien voulu me confier, pour l'étudier, ce nouvel échantillon, qui complète de la façon la plus heureuse les renseignements fournis par celui de la Sorbonne.

En combinant les renseignements fournis par ces deux échantillons, on voit que l'organe dont il s'agit était constitué par un axe complètement dépourvu de feuilles, d'une longueur dépassant 10^{cm} et de 5^{mm} de diamètre; celui-ci s'épaississait sur une longueur de 1^{cm} à sa partie supérieure et se terminait par une portion très brièvement et très légèrement conique portant les feuilles soit toutes, soit en partie fertiles, le tout formant un capitule d'environ 5^{cm} de largeur et 4^{cm} de hauteur. Ces feuilles, très mal

(1) Présentée dans la séance du 18 janvier 1909.

conservées sur l'échantillon de la Sorbonne, le sont beaucoup mieux sur celui de Merviller-Vacqueville; on voit qu'elles étaient allongées, étroites, probablement acuminées vers l'extrémité, peut-être de deux formes, les unes plus étroites, les autres plus larges, costulées ; dans tous les cas elles étaient évidemment de consistance un peu ferme, mais herbacée, car elles apparaissent souvent plus ou moins contournées. Enfin, ce qui est particulièrement intéressant, on voit, sur une partie notable de l'échantillon, des corps elliptiques, lorsqu'ils sont le mieux conservés, mesurant 3^{mm} sur leur grand axe et 2^{mm} sur le plus petit, qui paraissent être bien évidemment des macrosporanges : ils se montrent remplis de corps globuleux mesurant environ un quart de millimètre de diamètre; l'ensemble présente un aspect qui n'est pas sans rappeler les macrosporanges des *Isoetes*; souvent aussi ces macrosporanges présentent des vides transversaux d'une épaisseur correspondant au diamètre d'une macrospore, ce que j'ai constaté aussi sur des macrosporanges d'*Isoetes*, conservés en herbier. De leur position actuelle on peut conclure, sans hésiter, qu'ils ne sont plus en place, qu'ils se sont détachés de la feuille qui les a portés, mais ils sont en nombre tel sur le fossile, alors qu'on ne les a rencontrés nulle part ailleurs, qu'il semble qu'on peut, avec toute raison, les lui attribuer.

Parmi les fossiles végétaux décrits jusqu'à présent dans le Grès bigarré, seuls les *Echinostachys* de Brongniart ont quelque analogie avec le fossile que je viens de décrire; mais d'après les figures de Schimper et Mougeot, il me semblait que, non seulement il n'y avait pas identité spécifique avec les formes qu'ils avaient distinguées, sous des noms différents, mais qu'on ne pouvait admettre l'identité générique. Grâce à MM. les Professeurs Comte de Solms-Laubach et Holzappfel, directeur de l'Institut géologique de l'Université de Strasbourg, auxquels j'adresse mes bien vifs remercîments, j'ai reçu en communication les échantillons originaux qui font partie des collections de cet établissement. J'ai constaté qu'en effet, par la longueur et la forme de l'axe, par la forme des feuilles fertiles, par la forme des corps reproducteurs, les *Echinostachys* diffèrent trop du fossile que j'étudie ici pour qu'on puisse les ranger dans le même genre; j'ai dû, par suite, créer, pour ce dernier, un nom générique en même temps qu'un nom spécifique; je propose de le nommer *Pœcilitostachys Haugi,* le nom de genre rappelant le terrain dans lequel il a été trouvé, le nom spécifique celui du géologue auquel je dois la connaissance du premier échantillon de cet intéressant fossile. Quelles sont ses affinités? Il est évident qu'il ne faut les chercher ni dans les Fougères, ni dans les Équisétinées; il en a, au contraire, de très

grandes avec les Lycopodinées et même avec ce qu'on observe chez les Sigillaires, mais avec des différences importantes : l'épaississement de la partie supérieure du long pédoncule supportant l'épi, le refoulement final sur lui-même de celui-ci, ce qui amène les bractées à s'insérer sur une espèce de plateau, enfin et surtout les sporanges qui paraissent avoir été susceptibles de se détacher. Mais s'il ne s'agit pas d'une Sigillaire, il me semble certain qu'on est en présence d'une Lycopodinée affine des grandes Lycopodinées primaires, comme on a déjà reconnu dans le Trias quelques types leur appartenant certainement ou qui se rangent auprès d'elles, mais sans qu'on ait jusqu'à présent décrit les organes reproducteurs d'aucun. Il est impossible de se prononcer, même avec doute, en faveur de l'attribution à l'un d'entre eux du fossile qui vient de nous occuper. Il me semble bon cependant de faire observer, sans qu'il y ait lieu d'attacher à cette coïncidence plus d'importance que de raison, que les deux localités où ont été trouvés les échantillons de *Pœcilitostachys* confinent, si elles ne leur sont même identiques, à celles où ont été trouvés les curieux et rares *Lesangeana*, alors que les *Pleuromeia*, auxquels il y aurait lieu de songer pour quelques bonnes raisons, y font totalement défaut.

En terminant, je tiens à ajouter aux remercîments déjà exprimés plus haut ceux que j'adresse à MM. les Professeurs Haug et Nicklès, et à M. l'Abbé Mélinette, qui m'ont fourni les matériaux de cette Note.

M. **Armand Gautier**, en faisant hommage à l'Académie du Volume du *Cinquantenaire de la Société chimique*, s'exprime en ces termes :

Au nom du Conseil de la *Société chimique de France*, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie un Volume ayant pour titre : *Cinquantenaire de la Société chimique de France*.

Il contient les comptes rendus des fêtes, réceptions et conférences données en 1907 à l'occasion du cinquantième anniversaire de sa fondation par la Société; les adresses de félicitations qui lui ont été envoyées d'un grand nombre de corps savants de l'Europe, de l'Amérique et de l'Asie; enfin un travail fait à la demande du Conseil de la Société ayant pour titre : *Les cinquante premières années de la Société chimique de France*, travail où j'ai essayé de montrer le rôle éminent joué en Chimie par les principaux membres de notre Société chimique et, en particulier, par ses illustres présidents successifs : MM. J.-B. Dumas, Pasteur, Balard, H. Sainte-Claire Deville, Wurtz, Friedel, Schutzenberger, Lamy, Moissan, Grimaux,

Scheurer-Kestner, etc., pour ne citer que ceux qui ne sont plus. Les portraits de ces Présidents et des Secrétaires généraux sont reproduits en 40 belles héliogravures dans cet Ouvrage. On y trouvera résumé l'historique des progrès dus aux savants français les plus éminents dans le vaste domaine de la Chimie : minérale, organique, biologique et générale.

Ce Livre est comme le témoignage des efforts des chimistes de notre nation pour la conquête de la Vérité, au cours de la période du demi-siècle qui vient de s'écouler.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de trois Membres appelés à faire partie, au titre de la Division des Sciences physiques, de la Commission du Fonds Bonaparte.

MM. **Ph. van Tieghem**, **Haller**, **Delage** réunissent le plus grand nombre de suffrages.

Les deux membres qui obtiennent ensuite le plus de voix sont MM. *A. Lacroix* et *H. Douvillé*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Delauney** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 9 novembre 1908 et inscrit sous le n° 7405.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Le poids mort des poids atomiques*.

(Renvoi à l'examen de M. Le Chatelier.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le Tome I (1re série) des *Trabalhos da Academia de Sciencias* de Portugal.

2° Le Tome I du *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*. (Présenté par M. Laveran.)

3° Un Mémoire de M. L. Laurent intitulé : *Flore plaisancienne des argiles cinéritiques de Niac* (Cantal), avec une *Introduction géologique*, par Pierre Marty. (Présenté par M. Zeiller.)

4° *Mouvements et déformations de la croûte terrestre*, par M. Ch. Lallemand.

ASTRONOMIE. — *Résultats des mesures micrométriques faites à l'Observatoire de Lyon lors de l'éclipse de Soleil du 28 juin 1908*. Note [1] de M. **J. Merlin.**

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie une portion des résultats de la discussion des mesures micrométriques faites à l'Observatoire de Lyon lors de l'éclipse du 28 juin 1908.

MM. Guillaume et Merlin se servaient d'équatoriaux de $0^m,16$ d'ouverture; ils observaient par projection avec des grossissements respectifs de 100 et de 50.

M. Luizet observait directement à l'équatorial coudé (ouverture $0^m,32$, diaphragmée à $0^m,15$; grossissement 365).

Les mesures de MM. Guillaume et Merlin ont compris à la fois les angles de position et les cordes; celles de M. Luizet ne s'adressent qu'aux angles de position.

Je ne m'occuperai actuellement que des angles de position.

En supposant nulle la correction à apporter à la parallaxe lunaire, chacune des trois séries effectuées m'a donné les résultats suivants :

Série Guillaume	$\Delta\alpha = +7'',1 \pm 0'',4$ $\Delta\delta = -2'',4 \pm 1'',2$
Série Luizet	$\Delta\alpha = +7'',5 \pm 0'',3$ $\Delta\delta = -4'',3 \pm 0'',9$
Série Merlin	$\Delta\alpha = +6'',7 \pm 0'',5$ $\Delta\delta = -2'',9 \pm 1'',5$

où $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ représentent les corrections à apporter aux différences d'ascensions droites et aux différences de déclinaisons de la Lune et du Soleil.

(1) Présentée dans la séance du 25 janvier 1909.

On conclut de ces trois séries :

$$\Delta\alpha = +7'',2 \pm 0'',3,$$
$$\Delta\delta = -3'',1 \pm 0'',7.$$

L'éclipse du 30 août 1905 avait donné

$$\Delta\alpha = +6'',2 \pm 0'',1,$$
$$\Delta\delta = -3'',4 \pm 0'',2.$$

Ces corrections semblent mériter une confiance justifiée par la valeur de l'erreur probable et par leur accord avec les observations méridiennes.

ASTRONOMIE. — *Sur l'activité comparée des essaims des Léonides et des Géminides le 14 novembre* 1907. Note de MM. **Maurice Farman** et **Em. Touchet**, présentée par M. Deslandres.

L'Observatoire de Chevreuse a continué, en 1907 et en 1908, l'observation systématique des étoiles filantes, en particulier de l'essaim des Léonides; grâce à l'obligeance de M. Lebeuf, directeur de l'Observatoire de Besançon, des observations simultanées ont pu être entreprises entre les deux Observatoires dont la distance est de 335^{km} environ.

En 1908, les conditions météorologiques défectueuses ont entravé tout travail en commun, le ciel étant toujours resté dans l'une ou l'autre des stations. Un beau temps ne s'est pas produit une seule fois dans les deux stations.

Nous nous décidons donc à publier à présent les résultats obtenus à l'aide des observations faites par nous à l'Observatoire de Chevreuse, dans la nuit du 13 au 14 novembre 1907, nuit qui fut particulièrement claire à Chevreuse. Nous avions espéré pouvoir les compléter et vérifier en 1908.

Nous avons observé, en cette nuit, 25 étoiles filantes.

Les trajectoires ont été prolongées en utilisant le graphique spécial établi par M. H. Chrétien (1). Cette opération a permis de reconnaître, beaucoup mieux que par l'examen direct des trajectoires, les météores appartenant à un même radiant. Elle a révélé l'existence de trois radiants très caracté-

(1) H. Chrétien, *Le tracé graphique des trajectoires des étoiles filantes et la détermination des radiants* (*Bulletin de la Société astronomique de France,* 1900, p. 376).

risés : 1° celui des Léonides ; 2° un dans le Lézard ; 3° un dans les Gémeaux. En raison de la proximité des radiants du Lion et des Gémeaux, certains météores sont susceptibles d'appartenir à l'un ou l'autre de ceux-ci. Cependant, leurs trajectoires se rencontrant assez loin du radiant des Léonides, il nous a paru plus probable de les considérer comme émanant du radiant des Gémeaux.

Plusieurs météores, classés comme sporadiques, se coupent dans Persée et le Taureau. Certains d'entre eux peuvent appartenir aux radiants secondaires, actifs à l'époque de la grande chute des Léonides, du 10 au 20 novembre, et mentionnés par M. Denning [1]. Finalement les 25 météores observés se répartissent ainsi :

Radiant.	Nombre.
Lion	4
Lézard	4
Gémeaux	11
Sporadiques	6
Total	25

On est immédiatement frappé de l'activité remarquable présentée par l'essaim des Gémeaux et du petit nombre des Léonides.

Nous avons calculé la position probable des trois radiants ci-dessus à l'aide des formules publiées par M. Karl Bolin dans les *Astronomische Nachrichten* (n° 3997) en suivant l'exemple donné par M. P. Puiseux dans le *Bulletin de la Société astronomique de France* [2]. L'application de la méthode des moindres carrés pour le calcul de la position la plus probable du radiant offre sur la méthode graphique l'avantage de ne laisser d'autre place à l'arbitraire que le choix des météores. La méthode graphique, au contraire, donne lieu à une certaine incertitude lorsque la surface sur laquelle les trajectoires se coupent est étendue, ce qui est généralement le cas.

1° *Léonides.* — Le radiant des Léonides a pour coordonnées, 153°, + 24°. Il diffère peu du radiant moyen des Léonides (149°, + 23°), coïncide exactement à moins de 1° avec un radiant observé le 13 novembre 1895 par M. Nijland, et se confond presque

(1) Voici deux d'entre eux : 48° + 43° ; 50° + 30°. — W.-F. Denning, *Radiant points of the minor showers visible during the chief meteoric epochs of the year* (*Astronomische Nachrichten*, n° 3513).

(2) P. Puiseux, *Sur les étoiles filantes observées à Besançon en août* 1906 (*Bulletin de la Société astronomique de France*, juillet 1907, p. 321).

avec celui déterminé le même jour par M. Booth et ayant pour coordonnées 154°, +24° (¹).

2° *Lacertides.* — Le radiant du Lézard a été trouvé par 333°, +41°, très voisin du radiant n° CCLV du Catalogue général de Denning, dont la position moyenne est 331°,1, +41°,9, près de l'étoile 6 Lézard. Ce radiant est surtout actif en juillet et août, il semblerait donc que son activité peut se prolonger jusqu'en novembre.

En raison du petit nombre de météores qui définissent ce radiant et le précédent, il est prudent de n'admettre ces diverses conclusions qu'avec réserve.

3° *Géminides.* — La position calculée pour le radiant des Gémeaux est 115, +26°, à 2° au-dessous de β Gémeaux.

Le radiant de β Gémeaux (XCIV de Denning) (²) donne lieu, à partir d'octobre, à des météores, le maximum se produisant du 9 au 12 décembre, au moment de la chute des Géminides. Son activité, le 13-14 novembre 1907, a donc été très remarquable, puisque ce radiant a fourni, à lui seul, presque la moitié des étoiles filantes observées au cours de la nuit (44 pour 100).

Dans nos observations antérieures des Léonides, il ne s'était pas encore manifesté d'une façon aussi prépondérante. C'est ainsi que dans les deux nuits des 13-14 et 14-15 novembre 1903, sur 83 météores, nous n'avons observé que 13 Géminides (16 pour 100). Leur radiant moyen, déterminé par M. Chrétien, avait pour coordonnées 110°, +32° (³).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Recherches nouvelles sur l'absorption sélective et la diffusion de la lumière dans les espaces interstellaires.* Note de M. **G.-A. Tikhoff**, présentée par M. Deslandres.

Dans ma Note présentée à l'Académie le 16 mars 1908 et, avec plus de détails, dans le n° 21 des *Mitteillungen* de l'Observatoire de Poulkovo, j'ai rappelé quelques faits qui portent à admettre l'existence de l'absorption cosmique sélective. J'y ai attiré aussi l'attention sur ce fait que l'application des filtres sélecteurs permet d'approfondir le problème en question.

Pour aborder ce problème, j'ai photographié les Pléiades à travers 4 filtres, laissant passer respectivement les rayons ultraviolets ($360^{\mu\mu}$-$405^{\mu\mu}$),

(¹) W.-F. Denning, *General Catalogue of the radiant points of meteoric showers*, p. 225, radiant CXV, n°s 59 et 60).

(²) Le radiant XCIV de Denning comprend 24 points d'émanation répartis sur 10° d'ascension droite et 10° de déclinaison. Le centre moyen de radiation est situé par 118°, +29°,9.

(³) *Comptes rendus*, 25 avril 1904.

indigo violet ($400^{\mu\mu}$-$470^{\mu\mu}$), jaune vert ($495^{\mu\mu}$-$610^{\mu\mu}$) et orangés ($575^{\mu\mu}$-$670^{\mu\mu}$).

C'est la présence des masses nébuleuses dans les Pléiades et l'uniformité de leur type spectral qui m'ont conduit à commencer par ce groupe. Si cette nébuleuse, ou tout l'espace qui nous sépare des Pléiades, est doué de la propriété d'absorption sélective et si les étoiles faibles du groupe sont en moyenne plus éloignées de nous que les étoiles brillantes, il doit se produire un changement de l'éclat relatif des étoiles brillantes et faibles en passant d'un bout à l'autre du spectre.

C'est à l'Observatoire de Simeïse (en Crimée), où j'ai passé les deux derniers mois de 1908, que j'ai obtenu une première série d'épreuves des Pléiades, en me servant de l'astrographe de cet Observatoire; cet astrographe a deux chambres identiques avec les objectifs *Unar* de Zeiss, de 120^{mm} d'ouverture et de 600^{mm} de foyer. Quatre de ces épreuves, choisies parmi les plus réussies et reproduites sur papier, agrandies quatre fois, sont présentées à l'Académie.

L'éclat des étoiles principales sur ces photographies va en décroissant de l'ultraviolet à l'orangé. Quant aux étoiles faibles, elles présentent des propriétés tout à fait différentes : leur nombre et leur éclat augmentent très sensiblement en passant de l'ultraviolet aux rayons moins réfrangibles, et la différence de leur éclat avec celui des étoiles principales diminue très sensiblement. Ce changement est surtout remarquable en passant de l'ultraviolet à l'indigo violet.

Pour cette cause, l'aspect général de ce groupe change tellement qu'on reconnaît à peine les Pléiades sur l'épreuve orangée.

Un simple examen de ces épreuves suffit pour formuler, sans mesures et sans calculs, la propriété suivante : à part quelques exceptions, la *différence d'éclat des étoiles brillantes et faibles des Pléiades augmente d'une façon inattendue en passant des rayons orangés aux ultraviolets.*

D'autre part, j'ai trouvé le même phénomène, en faisant des mesures et des calculs minutieux des épreuves des Pléiades et de Chevelure de Bérénice, obtenues à Poulkovo au printemps 1908 au moyen de l'astrographe de Bredikhine, tantôt sur des plaques ordinaires sans filtre, tantôt dans les rayons jaune vert (à travers un filtre). Je faisais sur une plaque plusieurs poses dont la durée variait suivant une progression géométrique.

Je recherchais ensuite sur chaque épreuve, obtenue de la sorte, les images des étoiles différentes, par paires, qui sont d'éclat égal, mais correspondent aux poses aussi différentes que possible. Dans ce cas, en désignant l'éclat des deux étoiles (plus brillante et plus faible) par J et i et la durée des poses correspondantes par t et T, on a l'équation connue

$$J\,t^p = i\,T^p, \tag{1}$$

d'où l'on trouve

$$p = \frac{\log J - \log i}{\log T - \log i}. \tag{2}$$

Pour les éclats des Pléiades, je me servais des données de MM. Muller et Kempf (1), et, pour la Chevelure de Bérénice, des données de M. Ceraski (2). Pour les éclats photographiques des Pléiades, après avoir rejeté les étoiles notées comme jaunes, j'ai adopté, comme on le fait ordinairement, aussi les données photométriques. Quant à la constellation de Chevelure, je l'ai étudiée seulement sur les épreuves jaune vert, vu une variété remarquable de couleur des étoiles aux environs du pôle de la Voie lactée.

Supposons maintenant que la différence d'éclat des deux étoiles est plus grande dans les rayons photographiques que dans les rayons jaune vert; alors le dénominateur de l'expression (2) sera plus grand dans le premier cas que dans le deuxième, tandis que, pour le numérateur, nous adoptons la même valeur. En d'autres termes, en nous servant toujours des grandeurs photométriques, nous devons obtenir, dans notre supposition, p plus petit pour les épreuves dans les rayons photographiques que dans les rayons optiques.

C'est ce que j'ai obtenu en réalité : dans les rayons photographiques p varie entre les valeurs 0,67 et 0,79, et, d'autre part, pour les rayons jaune vert entre 0,91 et 0,96.

Ainsi on arrive d'une autre façon à ce résultat que la différence d'éclat des étoiles augmente en général avec la diminution de la longueur d'onde.

Or, dans sa Note récente, *On the diminution of light in its passage through interstellar space* (3), M. Turner émet la supposition de la diffusion (scattering) de la lumière par des particules disséminées dans l'espace, et il prévoit que la valeur de p doit augmenter pour les épreuves dans les rayons optiques. Ainsi la prévision de M. Turner s'est complètement vérifiée par nos recherches.

Il faut ajouter que le phénomène de l'égalisation d'éclat des étoiles dans les rayons moins réfrangibles et d'augmentation du contraste dans les rayons ultraviolets se retrouve sur toutes mes photographies prises pendant les trois dernières années dans les parties différentes du ciel. On est donc à même d'admettre l'absorption sélective ou la diffusion de la lumière, ou toutes les deux ensemble, dans toute l'étendue de l'espace céleste, mais il est très pro-

(1) *Astron. Nachr.*, t. CL.

(2) *Annales de l'Observatoire de Moscou*, 2e série, t. IV, 1902.

(3) *Monthly Notices of the royal astr. Soc.*, novembre 1908.

bable que ce phénomène change d'intensité dans les différentes parties de l'espace.

Il serait difficile de prévoir dès maintenant toutes les conséquences du phénomène découvert.

Nous devons signaler en premier lieu son application à la détermination en masse des distances des étoiles avec une facilité jusqu'à présent inespérée.

Comme point de départ de la photométrie stellaire, presque exempte de l'influence de l'affaiblissement cosmique, on pourrait prendre des photographies dans les rayons rouges extrêmes. Il s'agit donc, pour la photométrie stellaire, d'employer des astrographes nouveaux dont l'objectif soit plutôt visuel que photographique; et c'est alors seulement qu'on pourra se servir avec sûreté, dans les travaux photographiques, des grandeurs stellaires déterminées oculairement.

Il serait aussi très important de reprendre ces recherches avec des photomètres à filtres comme celui de M. Ch. Nordmann.

Mes recherches sur la question paraîtront prochainement avec plus de détails dans les *Mitteilungen* de l'Observatoire de Poulkovo.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les familles de Lamé composées de cyclides de Dupin.* Note de M. A. **Demoulin**.

Dans plusieurs Communications insérées, en 1905, aux *Comptes rendus* (t. CXL, p. 1526; t. CXLI, p. 302, 459, 496 et 1210), nous avons exposé et appliqué une méthode propre à faciliter l'étude des propriétés anallagmatiques des figures. Cette méthode consiste à faire usage d'un système de référence mobile Σ_m formé de cinq sphères S_1, S_2, S_3, S_4 S_5, deux à deux orthogonales. Nous nous proposons d'établir ici qu'elle conduit à la détermination, sans aucune intégration, des familles de Lamé composées de cyclides de Dupin, problème que M. Darboux a traité récemment dans un travail qui doit être inséré au Tome LI des *Mémoires de l'Académie des Sciences*.

Nous rappellerons d'abord, en les complétant, les formules fondamentales relatives à la méthode dont il s'agit.

Rapportons au système Σ_m un point M; ses coordonnées pentasphériques $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ dépendent, comme Σ_m, d'un paramètre t. A l'instant $t+dt$, le point M occupera une position M' dont les coordonnées, prises par

rapport à Σ_m, auront pour expressions

$$x_1 + V_{x_1} dt + \ldots, \quad \ldots, \quad x_5 + V_{x_5} dt + \ldots,$$

pourvu qu'on pose

$$(1) \qquad V_{x_i} = \sum_k a_{ik} x_k + \frac{dx_i}{dt} \qquad (a_{ii} = 0,\ a_{ik} + a_{ki} = 0).$$

Les quantités V_{x_i} admettent l'interprétation géométrique suivante : l'équation

$$\sum_i V_{x_i} X_i = 0$$

est celle d'une sphère passant par le point M et orthogonale à la trajectoire de ce point.

Soit, relativement au système Σ_m,

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \alpha, \beta, \ldots) = 0$$

l'équation d'une surface mobile, α, β, ... désignant des fonctions de t. La courbe de contact de cette surface avec son enveloppe appartient à la surface définie par l'équation

$$(2) \qquad \sum_i \frac{\partial f}{\partial x_i} \sum_k a_{ik} x_k = \frac{\partial f}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dt} + \frac{\partial f}{\partial \beta} \frac{d\beta}{dt} + \ldots.$$

Envisageons à présent une cyclide de Dupin variable. Sa développée se compose de deux coniques Γ et Γ', focales l'une de l'autre. Elle possède quatre points doubles; deux d'entre eux, D_1 et D_2 sont situés sur Γ; les deux autres, D'_1 et D'_2, sont situés sur Γ'. Les droites joignant les points D'_1, D'_2 aux points D_1, D_2 sont isotropes et appartiennent, dès lors, à la sphère S_3 qui passe par les points D_1, D_2, D'_1, D'_2. Soient C_{12} et C_{45} les cercles qui coupent orthogonalement cette sphère respectivement aux points D_1, D_2 et D'_1, D'_2. Menons par le cercle C_{12} deux sphères orthogonales S_1, S_2 et, par le cercle C_{45}, deux sphères orthogonales S_4, S_5. Les cinq sphères S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 sont deux à deux orthogonales. Si l'on prend leur ensemble Σ_m comme système de référence, la cyclide a une équation de la forme

$$x_1^2 + x_2^2 + k x_3^2 = 0.$$

Pour qu'elle engendre une famille de Lamé, il faut et il suffit qu'on ait, comme l'a montré M. Darboux,

$$(3) \qquad a_{14} = a_{15} = a_{24} = a_{25} = 0.$$

L'interprétation géométrique de ces égalités va nous conduire au résultat annoncé. On a, en appliquant les formules (1) aux points D_1 et D_2 dont les coordonnées sont (o, o, o, 1, i), (o, o, o, 1, $-i$) :

$$V_{x_1} = a_{14} + a_{15} i, \quad V_{x_2} = a_{24} + a_{25} i, \quad V_{x_3} = a_{34} + a_{35} i, \quad V_{x_4} = a_{45} i, \quad V_{x_5} = a_{54};$$
$$V_{x_1} = a_{14} - a_{15} i, \quad V_{x_2} = a_{24} - a_{25} i, \quad V_{x_3} = a_{34} - a_{35} i, \quad V_{x_4} = - a_{45} i, \quad V_{x_5} = a_{54}.$$

Il suit de là et des relations (3) que les trajectoires des points D_1, D_2 sont orthogonales à la sphère S_3 [1]. Réciproquement, lorsque les trajectoires des points D_1, D_2 seront orthogonales à la sphère S_3, les relations (3) auront lieu (et les trajectoires des points D'_1, D'_2 seront, elles aussi, orthogonales à S_3) [2].

De là résulte la solution du problème. On prendra arbitrairement une sphère variable S_3 (qui peut se réduire à un plan) et deux de ses trajectoires orthogonales, lesquelles la couperont aux points D_1, D_2. On construira ensuite le quadrilatère $D_1 D'_1 D_2 D'_2$, dont les côtés sont isotropes et appartiennent à la sphère S_3. Toute cyclide admettant les points D_1, D_2, D'_1, D'_2 comme points doubles engendrera une famille de Lamé. Or M. Darboux (*Leçons sur les coordonnées curvilignes*) a déterminé, sans intégration, la famille de sphères la plus générale et ses trajectoires orthogonales. On a donc, sans intégration, la famille de Lamé la plus générale composée de cyclides de Dupin.

La méthode du trièdre mobile permet aussi de déterminer sans intégration une sphère mobile et deux de ses trajectoires orthogonales. Marquons sur l'axe Ox d'un trièdre $Oxyz$ deux points D_1 et D_2 d'abscisses $+h$ et $-h$. Si les tangentes aux trajectoires de ces points se coupent en un point C de l'axe Oy, la sphère S_3 de centre C, passant par D_1 et D_2, sera évidemment orthogonale aux courbes décrites par les points D_1 et D_2. Désignons, suivant l'usage, par ξ, η, ζ, p, q, r les translations et les rotations du trièdre $Oxyz$. La propriété ci-dessus se traduit par les trois relations

$$(4) \qquad \zeta = 0, \qquad q = 0, \qquad rh\frac{dh}{dt} = \xi\eta.$$

Des deux premières, on déduit que le plan xOy a pour caractéristique la droite Ox.

Laissons de côté le cas, qui se traite aisément, où $r = 0$. Si r est $\neq 0$, Ox touche

---

(1) Lorsque la trajectoire d'un des points D_1, D_2 se réduira à un point, celui-ci devra être considéré comme une trajectoire orthogonale de S_3.

(2) L'application de l'équation (2) conduit à une autre interprétation géométrique des relations (3) : la caractéristique de la cyclide de Dupin se compose des côtés du quadrilatère $D_1 D'_1 D_2 D'_2$ et d'une courbe sphérique.

son enveloppe en un point M, mobile ou fixe. Supposons-le d'abord mobile. Par le point M, menons les droites My', Mz' parallèlement à Oy, Oz. Le trièdre $Mxy'z'$ est le trièdre principal de la courbe (M), lieu du point M, laquelle peut être prise arbitrairement. Soit λ l'abscisse du point O. Si s est l'arc de la courbe (M) terminé en M, on a, les accents désignant des dérivées prises par rapport à t,

$$\zeta = s' + \lambda', \qquad \eta = r\lambda,$$

et la troisième équation (4) peut s'écrire

$$hh' = \lambda s' + \lambda\lambda'. \tag{5}$$

Si l'on pose $\lambda s' = \theta'$, θ désignant une fonction arbitraire de t, il viendra, en intégrant,

$$h^2 = 2\theta + \left(\frac{\theta'}{s'}\right)^2.$$

La sphère S_3 et les trajectoires des points D_1, D_2 sont maintenant déterminées sans intégration, car on sait (Darboux, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1887) déterminer sans intégration les coordonnées et l'arc de la courbe la plus générale.

Lorsque le point M est fixe, ou bien un des points D_1, D_2 coïncide avec M, ou bien ces points sont inverses par rapport à une sphère de centre M. Ici encore la sphère S_3 et les points D_1, D_2 peuvent être définis sans intégration.

Revenons au cas général et supposons que le segment D_1D_2 soit constant. Alors, de la relation (5), il suit qu'on aura soit $s' + \lambda' = 0$, soit $\lambda = 0$. Dans le premier cas, la sphère S_3 se réduira au plan xOz, lequel roulera sans glisser sur une développable arbitraire. Ce résultat a été indiqué par M. Darboux. Dans le second cas, le point O coïncidera avec le point M et le segment $D'_1D'_2$ appartiendra à l'arc de courbure de la courbe (M). Si, de plus, la courbure de cette courbe est constante, le quadrilatère $D_1D'_1D_2D'_2$ sera invariable. Cette propriété est une généralisation de celle que M. Haag a fait connaître dans sa Note du 3 août 1908 (t. CXLVII, p. 296). Dans la même Note, M. Haag indique les résultats qu'il a obtenus dans la recherche des surfaces qui, dans $p\,(p \geqq 3)$ mouvements hélicoïdaux linéairement indépendants, engendrent une famille de Lamé. Nous avons complètement résolu ce problème en 1903 (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 1541).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les lignes géodésiques, à propos de la récente Note de M. Drach.* Note de M. **Hadamard.**

Les *Comptes rendus* du 18 janvier dernier contiennent le résumé d'un intéressant travail dans lequel M. Drach détermine entre autres les éléments linéaires dont les géodésiques font partie d'un faisceau linéaire à trois paramètres, et ceux dont les géodésiques peuvent être représentées sur un plan par des coniques.

Je me suis occupé d'une question voisine de celles-là, savoir la recherche des cas où l'intégrale générale

$$f(x, y, \alpha, \beta) = 0, \tag{1}$$

de l'équation différentielle des géodésiques, est du second degré en α, β.

De tels cas (différents, comme on voit, de ceux que traite M. Drach) s'en rapprochent cependant en ce que l'équation (1), considérée comme reliant x et y, fait évidemment partie d'un certain faisceau à cinq paramètres.

J'ai été conduit à les envisager par leurs rapports avec ce que j'ai, dans un précédent article inséré au *Bulletin de la Société mathématique de France* (1) appelé l'*intégrale corrélative*, et dont l'étude a fait depuis l'objet des recherches de M. Koppisch (2). L'intégrale corrélative n'est autre chose que l'équation (1) considérée comme reliant α et β, x et y étant regardés comme des constantes. Si l'on élimine ces constantes, on arrive à une équation

$$\beta'' = \Omega(\alpha, \beta, \beta') \tag{2}$$

qui est dite la *corrélative* de l'équation

$$y'' = \omega(x, y, y'), \tag{2'}$$

obtenue par l'élimination de α, β considérées comme constantes arbitraires.

Les invariants différentiels (et équations invariantes) de chacune des équations (2) et (2') (tels que les a obtenus M. Tresse) ont leurs corrélatifs dans l'autre; et c'est précisément le plus simple de ces corrélatifs qu'a déterminé M. Koppisch (3).

L'équation corrélative (2) conduirait à un nouveau mode d'étude des géodésiques. Il ressort en effet d'un résultat de M. Darboux (4) que, en posant

$$\beta = \frac{d\theta}{d\alpha},$$

la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation (2') soit géodésique

---

(1) Tome XXX, 1902, p. 208.

(2) *Thèse*, Greifswald, 1905.

(3) Les invariants en question ne sont autres que ceux de l'équation (1), vis-à-vis du groupe des transformations ponctuelles effectuées (indépendamment) tant sur x, y que sur α, β; et cette remarque conduirait sans doute à une détermination relativement aisée des corrélatifs en question.

(4) *Leçons sur la théorie des surfaces*, t. II, p. 433.

et que sa corrélative se déduise par différentiation d'une équation

$$\theta = \mathrm{H}\left(\alpha, \frac{d\theta}{d\alpha}, \frac{d^2\theta}{d\alpha^2}\right) = \mathrm{H}(\alpha, \beta, \beta'),$$

telle que la fonction H vérifie l'équation aux dérivées partielles

$$\left(\beta - \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial \alpha} - \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial \beta}\beta'\right)\frac{\partial^2 \mathrm{H}}{\partial \beta'^2} + \left(\frac{\partial^2 \mathrm{H}}{\partial \alpha\, \partial \beta'} + \beta' \frac{\partial^2 \mathrm{H}}{\partial \beta\, \partial \beta'} - 2\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial \beta}\right)\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial \beta'} = 0.$$

Si maintenant l'intégrale corrélative est du second degré en α, β, les résultats de M. Painlevé, rappelés dans l'article cité du *Bulletin de la Société mathématique*, montrent que l'équation aux dérivées partielles des géodésiques admet deux intégrales fractionnaires du second degré en p, q. Si alors on applique la méthode indiquée par M. Maurice Levy pour la recherche de telles intégrales fractionnaires, en prenant l'élément linéaire sous la forme

$$2\lambda\, dx\, dy, \qquad \lambda = \frac{\partial^2 l}{\partial x\, \partial y},$$

on est conduit à exprimer toutes les fonctions cherchées à l'aide de l, de trois fonctions X_1, X_2, X_3 de x seul et de trois fonctions Y_1, Y_2, Y_3 de y seul, et, en éliminant l, on est conduit à des conditions qui sont toutes de la forme bien connue

$$\sum \mathrm{XY} = 0$$

dont, comme on sait, la discussion est élémentaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales d'une équation différentielle algébrique de premier ordre.* Note de M. **Pierre Boutroux**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans deux Notes présentées à l'Académie des Sciences les 21 décembre 1908 et 4 janvier 1909, j'ai dit comment l'étude des permutations d'une intégrale multiforme peut être ramenée à l'étude de certains paramètres d'intégration considérés comme fonctions les uns des autres. Soit, par exemple, l'équation

$$(1) \qquad zz' + 3z - 2(x-\alpha)(x-\beta)(x-2) = 0,$$

qui admet quatre points transcendants de Briot et Bouquet, ∞, β, 2, α. Au

voisinage de chaque point transcendant, je définis les propriétés des intégrales en considérant certaines substitutions simples de deux paramètres convenablement choisis, soit C_1, C_2 pour l'infini; C'_1, C'_2 pour β; C''_1, C''_2 pour 2. Puis j'étudie les fonctions $C_1(C'_1)$, $C_1(C''_1)$, ... en les suivant avec continuité durant la variation des coefficients α, β [partis de valeurs pour lesquelles les fonctions $C_1(C'_1)$, ... soient connues].

Proposons-nous, par exemple, d'étudier la fonction $C_1(C'_1)$. Nous ne conserverons, pour commencer, qu'un coefficient arbitraire α, et *nous ferons*

$$\beta = 2\alpha + 1.$$

Dans ces conditions, l'équation (1) admet la solution polynomale

$$P = (x - \beta)(x - 2).$$

Traçons un cercle de grand rayon D, un petit cercle γ' autour de β, un petit cercle γ'' autour de $x = 2$. Les branches d'intégrales voisines de P seront holomorphes en toute région du plan extérieure à γ', γ'' et intérieure à D. Elles seront représentées : sur le contour D, par un développement en x^{-1} et $(C_1 + \eta_1 \log x)x^{-2}$; sur le contour γ', par un développement en $(x - \beta)$ et $C'_1(x - \beta)^{\lambda'_1}$; sur le contour γ'', par un développement en $(x - 2)$ et $C''_2(x - 2)^{\lambda''_1}$.

Nous nous placerons tout d'abord dans le cas qui se trouve être le plus simple : celui où *la partie réelle de* λ'_1 *est positive*. En ce cas, le développement en $(x - \beta)$, $C'_1(x - \beta)^{\lambda'_1}$ converge dans tout γ'; de plus, nous pouvons toujours prendre γ' assez petit pour que ce développement y converge *quelque grand que* soit $|C'_1|$. Pareillement, nous pouvons toujours prendre D assez grand pour que le développement en C_1 converge hors de D, quel que soit $|C_1|$. Traçons alors une droite $\overline{x'}\,\overline{x}$ joignant un point du contour γ' à un point du contour D : l'intégrale qui prend en $\overline{x'}$ une valeur initiale $\overline{z'}$ voisine de $P(\overline{x'})$ prendra en $\overline{x}$ (si nous la suivons le long de $\overline{x'}\,\overline{x}$) une valeur $\overline{z}$ voisine de $P(\overline{x})$; d'ailleurs $\overline{z}$ sera, d'après un théorème bien connu, fonction holomorphe de la valeur initiale $\overline{z'}$; et, puisque $\overline{z'}$, $\overline{z}$ sont respectivement fonctions holomorphes de C'_1 et C_1, la fonction $C_1(C'_1)$ sera définie sans ambiguïté pour les petites valeurs de C'_1 et C_1 [C'_1 et C_1 s'annulent en même temps lorsque $z = P$, c'est-à-dire pour la valeur initiale $\overline{z'} = P(\overline{x'})$]. Pour continuer la fonction $C_1(C'_1)$ dans tout le plan, nous n'aurons qu'à faire varier C'_1 et, par suite, $\overline{z'}$, et à déformer d'une manière continue le

chemin $\overline{x'}\overline{x}$ (en en déplaçant au besoin les extrémités) *de façon que ce chemin ne traverse jamais aucun point critique de la branche d'intégrale suivie :* tant qu'il sera possible de satisfaire à cette condition, $C_1(C'_1)$ ne cessera pas d'être holomorphe. On en conclut que la fonction $C_1(C'_1)$ n'admettra comme singularités que les valeurs exceptionnelles de C'_1 pour lesquelles le chemin $\overline{x'}\overline{x}$ est contraint de traverser un point singulier transcendant de l'équation (1) [il est clair, en effet, que les points singuliers algébriques peuvent toujours être évités ([1])]. J'ajoute que, de quelque manière que varie C'_1, le chemin $\overline{x'}\overline{x}$ *ne traversera jamais l'infini;* c'est là une conséquence des propriétés des caractéristiques de l'équation (1) à l'infini, propriétés que j'ai étudiées ailleurs (*Leçons sur les fonctions définies par les équations différentielles du premier ordre,* Chap. II). La fonction $C_1(C'_1)$ ne pourra donc, en définitive, être singulière que lorsque $\overline{x'}\overline{x}$ traversera l'un des points α, 2, β. Elle aura au moins trois singularités. Se pourrait-il qu'elle n'en eût que trois?

Pour répondre commodément à cette question, il sera avantageux de la présenter sous une nouvelle forme. Nous avons raisonné tout à l'heure sur un chemin $\overline{x'}\overline{x}$ dont les extrémités peuvent varier en fonction (non explicitement donnée) de C'_1 et C_1. Nous éviterons cette complication en faisant un changement de variable. Appelons $\mathfrak{R}$ une intégrale représentée sur γ' par le développement de Briot et Bouquet, où l'on donne à C'_1 une valeur particulière g. Nous savons que, si g était voisin de o, l'intégrale $\mathfrak{R}$ (suivie sur le rayon $\overline{x'}\overline{x}$) serait représentée sur D par le développement en C_1. Mais il est possible de donner à g une valeur telle que $\mathfrak{R}$ soit représentée sur D par le développement en C_2. Alors, on a dans D

$$3\mathfrak{R} = -3x^2 - (2\alpha + 2\beta + 1)x + \text{fonction continue de } x^{-1},$$

tandis qu'une branche d'intégrale z voisine de P est de la forme

$$3z = 3x^2 - (2\alpha + 2\beta + 7)x + \text{fonction continue de } x^{-1}.$$

([1]) Le raisonnement que j'esquisse ici est imité de celui qu'a employé M. Painlevé pour étudier l'intégrale d'une équation différentielle en fonction de la constante d'intégration. Seulement, M. Painlevé considère un chemin $\overline{x'}\overline{x}$ d'extrémités fixes, en sorte que la fonction qu'il étudie [c'est la fonction $\overline{z}(\overline{z'})$] est nécessairement singulière lorsqu'un point critique algébrique vient à coïncider avec l'extrémité $\overline{x}$. Cette circonstance ne se présente pas pour mon extrémité $\overline{x}$, que je reste libre d'éloigner tant qu'il me plaît vers l'infini; l'éloignement de $\overline{x}$ modifie $\overline{z}$, mais non pas C_1, puisque le développement en x^{-1} et $(C_1 + \eta_1 \log x)x^{-2}$ est défini d'une manière univoque pour x arbitrairement grand.

Posons, dans ces conditions,

$$v = \frac{z - P}{\mathfrak{R} - P};$$

puis considérons, lorsque x décrit le chemin $\overline{x}'\overline{x}$, la branche de v, qui correspond à une branche d'intégrale z : cette branche se rendra du voisinage de $C'_1 g^{-1}$ au voisinage de o; plus précisément, elle décrira un chemin dont les extrémités tendront vers $C'_1 g^{-1}$ et o lorsque $\overline{x}'$ et $\overline{x}$ tendront vers β et ∞; de plus on aura, à l'extrémité $v = 0$,

$$2 \lim x^4 v = C_1.$$

En conséquence, étudier la fonction $C_1(C'_1)$ revient à étudier, suivant la méthode de M. Painlevé, l'intégrale $x(v)$ en fonction de la constante d'intégration le long du chemin

$$(v = C'_1 g^{-1}, \; v = 0)$$

[chemin dont les extrémités sont, il est vrai, des points singuliers de $x(v)$].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application d'un théorème généralisé de Jacobi au problème de S. Lie-Mayer.* Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Émile Picard.

1. Supposons que les fonctions f_k $(k = 1, 2, \ldots, q)$ de $2n$ variables x_i, p_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ forment un système normal, c'est-à-dire que

$$(f_r, f_s) = 0 \qquad (r, s = 1, 2, \ldots, q),$$

et que la suite de $\rho = 2n - q$ fonctions distinctes f_j $(j = 1, 2, \ldots, q, \ldots, \rho)$ représente un système complet de $2n - q$ intégrales du système normal de q équations linéaires de la forme

$$(f_k, f) = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, q).$$

Supposant que les équations

$$f_j = \alpha_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, \rho)$$

soient résolubles par rapport à

$$x_{h+1}, \quad x_{h+2}, \quad \ldots, \quad x_{n+h-q}, \quad \ldots, \quad x_n; \quad p_1, \quad \ldots, \quad p_h, \quad \ldots, \quad p_{n+h-q},$$

et en introduisant les notations de ma Note précédente (*Comptes rendus*,

18 janvier 1909), on obtient, par un calcul simple, en ne tenant compte que des identités (7), (8) de cette Note, la relation

$$\sum_{k=1}^{q}\left(p'_k + \sum_{s=q+1}^{n} p'_s \frac{\partial x'_s}{\partial x'_k}\right) dx'_k = d\mathrm{U},$$

U étant une fonction qui se détermine par une simple quadrature.

Appliquant au cas considéré le théorème généralisé de Jacobi, formons ρ fonctions F_j par la méthode indiquée dans ma Note.

Les égalités

$$(f_m, F_e) = \sum_{j=1}^{\rho} \lambda^j_{m,e}(f_m, f_j) + \varepsilon_{m,e},$$

où

$$\varepsilon_{m,e} = 0 \quad \text{si} \quad m \gtrless l; \qquad \varepsilon_{m,e} = 1 \quad \text{si} \quad m = l,$$

auxquelles satisfont toujours les fonctions F_e (voir ma Note précédente), se réduisent dans le cas considéré, pour les valeurs de $m = 1, 2, \ldots, q$, aux suivantes :

$$(f_m, F_e) = \varepsilon_{m,e} \qquad (m = 1, 2, \ldots, q).$$

On en conclut immédiatement que, *entre les fonctions* $F_1, F_2, \ldots, F_q$, *ne peut exister aucune relation de la forme*

$$\Phi(F_1, F_2, \ldots, F_q) = 0,$$

et que *les fonctions* $F_k (k = 1, 2, \ldots, q)$ *sont aussi indépendantes de* ρ *fonctions* $f_j (j = 1, 2, \ldots, \rho)$.

Prenons maintenant à volonté certains des indices $1, 2, \ldots, q$, en les désignant successivement par $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\mu$, et supprimons de la série de q fonctions $F_k (k = 1, 2, \ldots, q)$ celles qui correspondent aux indices λ.

On obtient ainsi un système normal de μ *équations linéaires*

(1) $$(f_{\lambda_1}, f) = 0, \qquad (f_{\lambda_2}, f) = 0, \qquad \ldots, \qquad (f_{\lambda_\mu}, f) = 0,$$

et la suite de fonctions indépendantes

$$f_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, \rho),$$
$$F_1, \; F_2, \; \ldots, \; F_{\lambda_1 - 1}, \; F_{\lambda_1 + 1}, \; \ldots, \; F_{\lambda_2 - 1}, \; F_{\lambda_2 + 1}, \; \ldots, \; F_{\lambda_\mu - 1}, \; F_{\lambda_\mu + 1}, \; \ldots, \; F_q$$

qui représentent, évidemment, un système complet des intégrales distinctes des équations (1).

Si l'on suppose, en particulier, que $q = n$, on obtient le théorème suivant :

Soit f_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ *un système normal de* n *fonctions de* $2n$ *variables*

x_i, p_i. *Quelles que soient les équations*

$$(2) \qquad f_i = c_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

résolubles ou non par rapport à tous les p_i, *on peut toujours, à l'aide d'une quadrature, construire n fonctions vérifiant les conditions*

$$(F_s, f_r) = \varepsilon_{s,r}, \qquad (F_s, F_r) = 0, \qquad \varepsilon_{s,r} = 0 \text{ ou } -1.$$

Le système de $2n - m$ *fonctions*

$$f_i (i = 1, 2, \ldots, n), \qquad F_s (s = m+1, m+2, \ldots, n)$$

représentera alors toutes les intégrales distinctes de m équations linéaires

$$(f_j, f) = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, m).$$

2. Des considérations tout à fait élémentaires conduisent ensuite à la proposition suivante :

Si les équations (2), *étant résolues par rapport à* $x_{h+1}, \ldots, x_n$; $p_1, \ldots, p_h$, *où nécessairement* $h \geqq m$, *conduisent aux équations*

$$x_s = \varphi_s(x_1, x_2, \ldots, x_q, c_1, c_2, \ldots, c_h, c_{h+1}, \ldots, c_n), \qquad (s = h+1, h+2, \ldots, n),$$
$$p_k = \psi_k(x_1, x_2, \ldots, x_q, c_1, c_2, \ldots, c_h, c_{h+1}, \ldots, c_n), \qquad (k = 1, 2, \ldots, h),$$

dont les premières relatives aux x_s *sont résolubles par rapport à* c_{h+1}, $c_{h+2}, \ldots, c_n$, *les équations normales*

$$f_1 = c_1, \quad f_2 = c_2, \quad \ldots, \quad f_m = c_m, \quad \ldots, \quad f_h = c_h,$$
$$F_{h+1} = b_{h+1}, \quad F_{h+2} = b_{h+2}, \quad \ldots, \quad F_n = b_n,$$

b désignant des constantes arbitraires, sont toujours résolubles par rapport à tous les p_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$.

On voit, de ce qui précède, que *le théorème généralisé de Jacobi ramène presque immédiatement le cas exceptionnel de S. Lie-Mayer à celui de Jacobi.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Représentation approchée des fonctionnelles continues par une intégrale multiple.* Note de M. **Fréchet**, présentée par M. Émile Picard.

Ma Note du 28 janvier 1909 permet de généraliser un théorème énoncé ici même par M. Hadamard. D'après ce théorème, toute fonctionnelle [1]

[1] Le sens des dénominations que j'emploie ici a été précisé dans ma Note précédente.

linéaire (c'est-à-dire continue et distributive) peut être approximativement représentée par une intégrale simple.

J'ai pu démontrer que plus généralement toute fonctionnelle continue peut s'exprimer approximativement par une intégrale multiple. D'une manière précise :

Soit une fonctionnelle réelle U_f *définie et continue dans le champ des fonctions* $f(x)$ *réelles, continues dans un intervalle* (a, b). *On peut toujours exprimer* U_f *sous la forme*

$$U_f = \lim_{n=\infty} \int_a^b \cdots \int_a^b \Big\{ H_0^{(n)} + H_1^{(n)}(x_1) f(x_1) + H_2^{(n)}(x_1, x_2) f(x_1) f(x_2) + \ldots + H_{r_n}^{(n)}(x_1, x_2, \ldots, x_{r_n}) f(x_1) \ldots f(x_{r_n}) \Big\} dx_1\, dx_2 \ldots dx_{r_n},$$

où r_n est un certain entier pouvant varier et même croître indéfiniment avec n et où $H_1^{(n)}(x_1), \ldots, H_{r_n}^{(n)}(x_1, \ldots, x_{r_n})$ sont des fonctions réelles continues par rapport à l'ensemble des variables $x_1, \ldots, x_{r_n}$ (on peut même supposer que ce soit des polynomes), fonctions qui peuvent être déterminées une fois pour toutes par la fonctionnelle U indépendamment de la fonction $f(x)$.

Si la fonctionnelle est d'ordre entier q, *on peut borner les* r_n *et prendre* $r_n = q$ *quel que soit* n. Lorsque $q = 1$, ce corollaire se réduit au théorème de M. Hadamard.

Remarque. — L'intégrale multiple écrite plus haut est une fonctionnelle d'ordre r_n, mais ce n'est pas la forme la plus générale de telles fonctionnelles.

PHYSIQUE. — *Sur le déclin de la phosphorescence à basse température.* Note de M. **J. de Kowalski**, présentée par M. E.-H. Amagat.

Dans le cours des expériences faites sur les phénomènes de luminescence des corps organiques à basse température, j'ai fait une série d'observations sur le déclin de l'intensité lumineuse de ces corps phosphorescents.

Ce sont surtout les solutions alcooliques du benzène et de ses substitués que j'ai choisies.

Leur émission phosphorescente à la température de l'air liquide est caractérisée par un spectre d'une seule bande s'étendant, pour la lumière visible, dans les cas des corps transparents, depuis l'extrême violet plus ou

moins vers le rouge. Dans les cas des corps absorbant une partie du spectre visible, comme par exemple les nitroanilines, l'émission est naturellement limitée par cette absorption.

Or une absorption du déclin de la phosphorescence, observée à l'œil nu, permet de remarquer un changement de couleur, surtout dans le cas où l'émission s'étend vers le rouge.

J'ai donc entrepris une étude dans le but de pouvoir déterminer laquelle des parties du spectre d'émission disparaît la première.

Voici quelle était la marche des expériences :

La solution alcoolique du corps étudié, mise dans une capsule en porcelaine, était plongée dans l'air liquide.

Quand elle fut solidifiée et atteignit entièrement la température de l'air liquide, je l'ai exposée à l'action du rayonnement d'une lampe à arc de mercure en quartz. Après un certain temps déterminé, on interrompait le courant qui alimentait l'arc, et au même moment j'observais l'émission phosphorescente à travers les différents écrans qui limitaient le spectre à une région voulue.

Un chronographe permettait de marquer la durée de la phosphorescence dans cette région.

Les résultats obtenus avaient le même caractère pour tous les corps étudiés (environ une soixantaine) :

Ce sont les émissions à grandes longueurs d'onde qui diminuent plus rapidement d'intensité que celles dont les ondes sont plus courtes.

Un exemple illustrera le mieux cette loi :

Une solution d'aniline à $\frac{1}{10}$ normale dans l'alcool éthylique donne, à la température de l'air liquide, une phosphorescence dont le spectre visible s'étend du violet extrême jusqu'à l'orange (environ jusqu'à la longueur d'onde de $600^{\mu\mu}$).

En observant l'émission à travers un verre absorbant le spectre visible depuis $580^{\mu\mu}$ du côté des ondes courtes, je voyais s'éteindre la lumière au bout de 3 secondes.

J'ai remplacé vite l'écran par un autre, qui laissait passer la lumière jusqu'à la longueur d'onde de $480^{\mu\mu}$, et j'observais l'émission pendant 27 secondes; en enlevant complètement les écrans, je pouvais voir le corps phosphorescent à l'œil nu encore pendant 50 secondes.

J'ai exécuté une autre série d'expériences au moyen d'un spectroscope à grande luminosité et dont l'oculaire possédait une fente. Cette fente se déplaçait facilement et pouvait ainsi délimiter une région du spectre.

En observant la phosphorescence à l'aide de ce spectroscope, il était facile de vérifier la loi énoncée.

Si ces faits me paraissent intéressants, c'est qu'ils accentuent la différence

qui existe entre l'émission lumineuse causée par la luminescence et celle qui est causée simplement par l'élévation de la température.

Dans ce dernier cas, quand l'intensité lumineuse totale diminue, ce sont les émissions des longueurs d'onde plus courtes qui disparaissent avec celles qui ont des longueurs d'onde plus grandes, et cela conformément à la loi de Wien.

Dans notre cas, c'est le contraire qui arrive : quand l'intensité diminue, ce sont les radiations à grande fréquence qui persistent le plus longtemps.

Il serait toutefois possible qu'il existât une certaine longueur d'onde pour laquelle la durée de l'émission est un maximum.

L'étude photographique du spectre de la phosphorescence dans l'ultraviolet pourrait uniquement élucider cette question, et c'est l'objet de mes études actuelles (¹).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelles réactions de la dioxyacétone.* Note de M. G. Denigès.

En essayant d'appliquer à la recherche de la glycérine, préalablement transformée, à l'aide du brome, en dioxyacétone, les réactions de ce dernier composé récemment étudiées par moi et dont les principales ont été tout dernièrement communiquées à l'Académie (²), je me suis aperçu que certaines de ces réactions que je n'avais pas signalées d'une manière spéciale comme peu caractéristiques et peu sensibles pour la dioxyacétone pure, prenaient un caractère tout nouveau avec la dioxyacétone provenant de la glycérine et non séparée du milieu où elle avait pris naissance.

M'étant assuré que ni l'acide glycérique, ni l'aldéhyde correspondant, ni la glycérine elle-même ne jouaient aucun rôle dans les phénomènes observés, j'ai été conduit à penser que le produit amenant ces modifications était le brome mis en liberté, en effectuant la réaction colorée, par l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'acide bromhydrique mélangé à la dioxyacétone et provenant de l'attaque première de la glycérine par l'halogène.

(¹) Ce travail a été exécuté grâce aux subsides du *Elizabeth Thompson Fund,* à Boston. Je me permets d'adresser aux administrateurs mes plus vifs remercîments.

(²) G. Denigès, *Réactions colorées de la dioxyacétone* (*Comptes rendus,* 18 janvier 1909, p. 172).

J'ai pu confirmer cette hypothèse et réaliser en quelque sorte synthétiquement les nouvelles réactions observées, en ajoutant à de la dioxyacétone pure une solution d'acide bromhydrique ou d'un bromure alcalin suffisamment étendue pour ne pas amener d'action destructive de la matière colorante, vraisemblablement bromée (1), formée par un trop grand excès de brome libéré.

Pratiquement, je me suis servi pour ces essais d'une solution aqueuse, à 4 pour 100, de bromure de potassium.

Dans un tube à essai, on met $0^{cm^3},1$ de solution alcoolique à 5 pour 100 du réactif employé, $0^{cm^3},1$ de solution à 4 pour 100 de BrK, $0^{cm^3},4$ de la solution aqueuse de dioxyacétone dont le titre n'excédera pas 1^g par litre, et 2^{cm^3} d'acide sulfurique ($D = 1,84$). On agite pour mélanger et l'on porte le tout, pendant 2 minutes, au bain d'eau bouillante.

On obtient ainsi d'intéressantes réactions colorées, notamment avec les acides phénols et certains dérivés incomplètement alkylés des polyphénols : je signalerai surtout, comme couramment applicables en qualité de réactifs de la dioxyacétone, le gayacol et les acides salicylique et gallique.

Avec le *gayacol*, on obtient une coloration bleue, plus ou moins nuancée de violet et présentant une forte bande d'absorption dans l'orangé. La teinte est d'un très beau bleu avec $0^g,10$ de dioxyacétone par litre; elle est violacée à $0^g,010$ et encore appréciable, par une teinte rose violacé faible, à $0^g,001$ par litre, soit avec moins d'un demi-millième de milligramme du corps acétonique dans la prise d'essai.

Avec l'*acide salicylique*, on observe une coloration rouge framboise pour des dilutions supérieures à $0^g,10$ de dioxyacétone par litre; rosée pour les grandes dilutions; encore appréciable, par comparaison avec un témoin, à 1^{mg} par litre. La coloration obtenue s'accompagne d'un spectre présentant deux principales bandes d'absorption : l'une intense, dans le jaune; l'autre moins foncée, mais plus large, au début du bleu.

Avec l'*acide gallique*, il se produit une teinte violet foncé lorsque les concentrations sont comprises entre $0^g,20$ et 1^g de dioxyacétone par litre. La sensibilité de la réaction décroît très vite avec la dilution et est moindre que pour les précédents réactifs. Le spectre d'absorption est très voisin de celui que donne, dans les mêmes circonstances, l'acide salicylique.

Lorsque, dans les divers cas examinés plus haut, les colorations obtenues seront trop intenses pour l'examen spectroscopique ou la bonne appréciation de la teinte, on diluera le liquide avec de l'acide acétique cristallisable ou encore avec de l'acide sulfurique ayant 1,80 environ de densité.

---

(1) Le chlore, bien que produisant abondamment de la dioxyacétone avec la glycérine, ainsi que je l'ai constaté et comme je compte l'utiliser, ne fournit, en effet, rien de pareil, même lorsqu'il est ajouté en nature à de la dioxyacétone pure.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'air et des agents oxydants sur les charbons.* Note de M. O. **Boudouard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'étude de l'altération des houilles à l'air offre un intérêt considérable au point de vue pratique, car, à cette question, se rattache l'examen des phénomènes qui président à l'inflammation spontanée du charbon, soit dans les mines, soit dans les locaux d'emmagasinage. Les travaux de M. Fayol et les recherches de M. Mahler ont montré que la cause de ce phénomène réside dans une véritable oxydation de la matière charbonneuse. On sait de plus que la proportion des matières volatiles renfermées dans un charbon n'est pas le seul facteur qui influe sur son pouvoir cokéfiant, et que de deux approvisionnements d'une même houille, celui qui est resté le plus longtemps à l'air donne le moins bon coke. D'après M. Mahler, l'étude approfondie du mécanisme d'oxydation de la houille par l'oxygène doit permettre d'élucider en particulier les faits d'où dépend la cokéfaction des combustibles, et il faut rechercher la matière collante des houilles à coke parmi les hydrates de carbone susceptibles de se transformer en acide humique au contact de l'air. MM. Dennstedt et Bünz pensent que les acides humiques constituent les produits ultimes de l'oxydation des charbons, et que ceux-ci sont d'autant plus facilement inflammables que la quantité d'acide humique est plus grande.

J'ai repris l'étude du phénomène de la cokéfaction; je donne dans cette Note les résultats relatifs à l'oxydation des charbons. J'ai examiné comparativement des combustibles d'origines diverses : anthracite anglais (I), Courrières un quart gras (II), charbon de forge belge (III), charbon de forge d'origine inconnue (IV), Bruay trois quarts gras (V), houille d'origine inconnue (VI), lignite (VII). Au cours des divers essais, faits par les méthodes analytiques ordinaires, les combustibles sont caractérisés par la quantité et la qualité du coke obtenu par calcination en vase clos, par leur teneur en matières volatiles, par leur teneur en cendres.

Les houilles ont été simplement exposées à l'air, à la température ambiante et à la température de 100° (étuve à air chaud); la matière était placée dans une petite capsule qui en contenait une dizaine de grammes. A la température ordinaire, les variations de poids dues à la fixation d'oxygène sont très faibles; elles peuvent être dues simplement à des variations de l'état hygrométrique. A la température de 100°, au contraire, après une diminution de poids provenant du départ de l'eau hygroscopique, on constate une augmentation de poids très nette pour tous les charbons mis en œuvre, pouvant atteindre 10 pour 100. Des essais faits à 100° sur 200^g de matière ont conduit à des résultats analogues.

L'acide humique, dont on peut déceler la présence dans les charbons par action dissolvante de la potasse et précipitation par l'acide chlorhydrique, ne préexistait que dans les échantillons VI (moins de 1 pour 100) et VII (5 pour 100) ; il apparaît très nettement dans les échantillons III et IV (traces), V (5 pour 100), VI (14 pour 100), VII (1 pour 100), qui ont été soumis à l'action de l'air à 100°. En même temps, le pouvoir cokéfiant des houilles III, IV et V qui, à l'état naturel, donnent des cokes agglomérés et durs, a complètement disparu ; il semble donc y avoir une certaine relation entre la cokéfaction des combustibles et l'absence d'acide humique dans ces combustibles.

L'augmentation de poids des charbons mentionnée plus haut est bien due à un phénomène d'oxydation ; on observe en effet des résultats analogues à ceux obtenus avec les charbons oxydés, mais à un degré plus grand, si l'on traite les charbons par un agent oxydant énergique, comme l'acide nitrique. Dès qu'on met l'acide en contact avec le combustible, il y a un dégagement de vapeurs nitreuses qui semble d'autant plus abondant que la teneur en matières volatiles est plus élevée ; il y a également un dégagement de chaleur d'autant plus grand que la teneur en matières volatiles est plus élevée. On peut caractériser l'acide oxalique dans les produits d'oxydation, et, de plus, l'action ultérieure des lessives alcalines sur les charbons oxydés met en évidence la présence d'acide humique en quantité relativement grande (voir *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 986). Enfin les houilles III, IV et V ont perdu leur pouvoir cokéfiant.

Dans l'action de l'acide nitrique sur les charbons, il doit y avoir formation de composés nitrés instables, car au-dessous du rouge, même en chauffant les charbons avec beaucoup de précaution, il y a foisonnement et dégagement spontané de matières volatiles non combustibles. La variation de poids des charbons observée, généralement assez grande, proviendrait de ce que la perte de carbone sous forme gazeuse est tantôt plus petite, tantôt plus grande que le gain dû simultanément à la fixation du résidu nitré et à la formation d'acide humique. En particulier, avec les échantillons VI et VII, l'élévation notable de la température au moment de la réaction a favorisé le dégagement des gaz carbonés et la décomposition des dérivés nitrés, d'où les diminutions de poids qui ont été constatées.

Voici quelques analyses de charbons naturels et oxydés :

Charbons.		I.	II.	III.	IV	V.	VI.	VII.
Naturels......	Coke..............	86,66	89,54	70,51	79,185	59,36	51,44	37,34
	Cendres...........	2,54	1,66	4,64	2,675	3,07	2,35	4,22
	Matières volatiles..	8,80	8,80	24,85	18,14	37,57	46,21	58,44
	Aspect du coke....	poussiéreux	poussiéreux	aggl. bours.	aggl. bours.	aggl. bours.	traces aggl.	poussiéreu

Charbons.		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Oxydés à l'air à 15°.	Coke	90,1	87,86	71,67	75,59	62,04	51,74	35,5
	Cendres	2,3	2,07	4,87	5,91	2,65	2,95	6,73
	Matières volatiles	7,6	10,07	23,46	18,50	35,31	45,31	57,77
	Aspect du coke	poussiéreux	poussiéreux	aggl. bours.	aggl. bours.	aggloméré	poussiéreux	poussiéreux
	Acide humique	non	non	non	non	non	oui (traces)	oui
Oxydés à l'air à 100°.	Coke	87,84	85,32	71,98	72,83	64,69	43,75	25,6
	Cendres	2,33	2,17	4,19	6,32	2,39	9,00	7,85
	Matières volatiles	9,83	12,51	23,83	20,85	32,92	47,25	66,55
	Aspect du coke	poussiéreux	poussiéreux	poussiéreux	poussiéreux	poussiéreux	poussiéreux	poussiéreux
	Acide humique	non	non	oui (traces)	oui (traces)	oui	oui	oui
Oxydés par NO^3H.	Augmentation de poids pour 100	+15,6	+26,0	+ 6,4	+20,4	+17,2	−14,0	−36,8
	Coke	68,10	54,78	56,50	51,59	49,64	43,24	39,48
	Cendres	1,80	0,41	1,55	6,14	1,60	0,72	0,61
	Matières volatiles	30,10	44,81	41,95	42,27	48,76	56,04	59,91
	Aspect du coke	poussiéreux	poussiéreux	poussiéreux	poussiéreux	foisonnant traces d'agg.	foisonnant traces d'agg.	poussiéreux
	Acide humique	non	non	oui	oui	oui	oui	oui

En résumé, au contact de l'air, les charbons augmentent de poids par suite de l'absorption d'oxygène; le phénomène est beaucoup plus net si l'on fait intervenir l'action de la chaleur. Les houilles à coke, oxydées à 100° par exemple, ont perdu complètement leur pouvoir cokéfiant; de plus, elles renferment de l'acide humique, alors qu'initialement elles n'en contenaient pas. Il est facile d'obtenir une oxydation plus grande et, par suite, une plus forte proportion d'acide humique, en employant un oxydant énergique comme l'acide nitrique concentré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation d'acide cyanhydrique dans l'action de l'acide nitrique sur les phénols et les quinones.* Note de MM. **A. Seyewetz** et **L. Poizat**, présentée par M. A. Haller.

Schultz et Stäble [1] ayant signalé un dégagement d'acide cyanhydrique dans l'action de l'acide nitrique sur l'hydroquinone sulfonique, nous avons recherché s'il s'agissait là d'un fait isolé ou bien si d'autres composés organiques pouvaient donner naissance à de l'acide cyanhydrique sous l'influence de l'acide nitrique.

Nous avons reconnu que l'acide nitrique à 20 pour 100 oxyde vers l'ébullition un grand nombre de composés organiques aromatiques avec dégage-

(1) *Journ. f. prakt. Chemie*, t. CLXXVII, 1904, p. 335.

ment d'acide cyanhydrique, mais que cette propriété est en relation étroite avec la constitution de ces corps.

L'expérience nous a montré que la présence d'un groupement phénolique ou quinonique paraît indispensable pour qu'il y ait formation d'acide cyanhydrique. La diméthylaniline et la diéthylaniline seules nous ont paru faire exception à cette règle.

Parmi les nombreux phénols mono ou polyatomiques simples ou substitués, ainsi que les quinones que nous avons expérimentés, il n'y a que ceux renfermant soit la position para libre, soit les deux positions ortho libres, qui dégagent de l'acide cyanhydrique.

Nous avons reconnu que la plupart des nitrations des phénols sont accompagnées de la formation d'acide cyanhydrique, mais ce composé ne peut être décélé en présence de vapeurs nitreuses ni par son odeur ni par sa transformation en bleu de Prusse. Pour constater sa présence, on recueille le mélange des gaz dans une solution de nitrate d'argent et l'on isole l'acide cyanhydrique à l'état de cyanure d'argent qu'on caractérise facilement en le transformant en bleu de Prusse.

La formation d'acide cyanhydrique est toujours accompagnée de celle d'acide nitreux, aussi pouvait-on supposer que l'acide nitreux est l'agent actif de la production de gaz cyanhydrique.

Les expériences, que nous avons faites en empêchant la formation d'acide nitreux dans l'action de l'acide nitrique, paraissent confirmer cette hypothèse.

En effet, si l'on chauffe avec l'acide nitrique en présence d'urée ou d'aniline, corps qui détruisent l'acide nitreux, les phénols susceptibles de former de l'acide cyanhydrique, ce gaz ne prend plus naissance.

De plus, l'acide nitreux seul chauffé en solution étendue avec ces mêmes phénols donne naissance à un abondant dégagement d'acide cyanhydrique.

Les faits précédents nous ont permis de donner une explication assez vraisemblable de la formation d'acide cyanhydrique.

L'acide nitrique donnerait d'abord un dérivé ortho ou paranitrosé du phénol employé, dérivé qu'il faut considérer comme une ortho ou paraquinone oxime :

```
    COH              COH               C=O
CH⁄  ⧵CH         CH⁄  ⧵CH         CH⁄  ⧵CH
 ‖    |     →     ‖    |     →     ‖    ‖
CH⧵  ⁄CH         CH⧵  ⁄CH         CH⧵  ⁄CH
    CH               C—NO             C=NOH
```

ou bien

```
      COH                  COH                    C=O
 CH╱  ╲CH            CH╱  ╲C—NO            CH╱  ╲C=NOH
  ‖    |      →       ‖    |        →       ‖    |
 CH╲  ╱CH            CH╲  ╱CH              CH╲  ╱CH
    C—CH³                C—CH³                  C—CH³
```

Il y aurait ensuite oxydation à l'endroit des doubles liaisons, avec formation d'acide mésoxalique et de l'oxime de cet acide dans le premier cas, d'acide carbonique, d'acide oxalique et de la monoxime, de l'acide dioxytartrique dans le second cas :

```
      C=O                       CO
 CH╱  ╲CH              CO²H╱  ╲CO²H
  ‖    ‖        →
 CH╲  ╱CH              CO²H╲  ╱CO²H
    C=NOH                    C=NOH
```

ou bien

```
      C=O                    ╱CO╲
 CH╱  ╲C=NOH           CO²H       C=NOH
  ‖    ‖                          |
 CH╲  ╱CH              CO²H       CO²H
    C—CH³                 ╲CO²H   CO²
```

Les acides mésoxalique et oxalique donneraient finalement de l'acide carbonique; l'oxime de l'acide mésoxalique se dédouble comme on le sait [1] entièrement à l'ébullition en acide carbonique et cyanhydrique; enfin nous avons constaté que le dioxytartrate de sodium chauffé à l'ébullition avec une solution de chlorhydrate d'hydroxylamine donne abondamment de l'acide cyanhydrique.

La diméthylaniline et la diéthylaniline donneraient de l'acide cyanhydrique par un mécanisme analogue en passant par la *p*-nitrosodiméthyl ou diéthylaniline.

Nous étendons actuellement cette étude aux dérivés de naphtalène et de l'anthracène.

---

[1] BAYER, *Liebig's Annalen*, t. CXXXI, p. 292.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du nitrosobenzène sur les amines secondaires.* Note de MM. **P. Freundler** et **Juillard**, présentée par M. A. Haller.

Le nitrosobenzène réagit énergiquement sur les amines secondaires en se transformant, pour la majeure partie, en azobenzène. Il se forme de plus une certaine quantité de nitrobenzène, d'aniline et probablement aussi un peu d'azoxybenzène. Quant à l'amine, même si l'on emploie un grand excès de nitrosé, on en retrouve la plus grande partie inaltérée. Son rôle exact reste encore à déterminer.

On peut toutefois, en opérant dans certaines conditions, déceler la formation de l'hydroxylamine secondaire correspondante RR'AzOH, et comme celle-ci est volatile, la réaction en question peut être appliquée dans une certaine mesure à la différenciation des amines grasses primaires, secondaires et tertiaires pures.

A cet effet, on mélange à froid quelques décigrammes d'amine et de nitrosobenzène, puis, quand la réaction est achevée (coloration rouge franc), on distille le produit au-dessous de 150°, à la pression ordinaire ou dans le vide. Les quelques gouttes de distillat ainsi obtenues réduisent rapidement le nitrate d'argent à froid, instantanément en présence de potasse.

Si l'on traite de la même façon une amine primaire grasse, la formation d'azobenzène s'effectue tout aussi rapidement, mais le liquide distillé ne réduit pas le nitrate d'argent, même en présence de potasse. L'étude complète de l'action du nitrosobenzène sur les amines primaires a été entreprise, il y a quelques années, par M. Bamberger, à la demande duquel j'ai abandonné l'examen de cette dernière question.

Enfin, les amines tertiaires se comportent, vis-à-vis du nitrosobenzène, d'une façon tout à fait différente, en ce sens qu'on peut facilement y faire recristalliser le nitrosé par chauffage et refroidissement. Si toutefois on chauffe assez longtemps le mélange, celui-ci finit par devenir rouge; il contient alors de l'azobenzène et fournit à la distillation un produit réducteur. Il se fait probablement une oxamine tertiaire qui se dédouble, comme on le sait, à chaud, en hydroxylamine secondaire et carbure éthylénique.

Les réactions précédentes s'effectuent sur moins de $0^{g},5$ de matière. Elles ont été appliquées à la propylamine, l'isobutylamine, l'isoamylamine, la dipropylamine, la diisobutylamine, la méthylisoamylamine, la propylisoamylamine, la tripropylamine, la diméthylisoamylamine et la dipropylisoamylamine.

La pipéridine réagit également avec la plus grande énergie sur le nitrosobenzène; ce fait a été signalé par M. Spiegel [1], qui a mentionné simplement la formation d'azo-

---

[1] *D. ch. G.*, t. XLI, 1908, p. 679.

benzène et d'azoxybenzène, et qui a bien voulu m'abandonner la suite de l'étude de ce point particulier. La réaction est en tout cas très complexe. La méthylaniline réagit aussi sur le nitrosobenzène, mais la pyridine, en temps qu'amine tertiaire, est à peu près sans action.

Un certain nombre des amines secondaires et tertiaires mentionnées ci-dessus ont été préparées par la méthode d'Hofmann (iodure et amine primaire) avec un rendement moyen de 50-60 pour 100. Leur séparation a été effectuée par la méthode au nitrite qui fournit de très bons résultats; c'est ainsi que nous avons obtenu la *propylisoamylamine* bouillant à 148°-149° et la *dipropylisoamylamine* bouillant vers 180°. Les chloroplatinates correspondants sont bien cristallisés et assez solubles dans l'eau.

Ces amines présentent des phénomènes assez remarquables dont nous nous bornerons à citer un exemple dans cette Note :

L'isoamylamine est soluble en toutes proportions dans l'eau. La méthylisoamylamine est fort peu soluble; mais si, à des volumes égaux de base secondaire et d'eau, on ajoute $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ d'amylamine primaire, la masse devient homogène. Si maintenant on chauffe ce mélange vers 50°, la base secondaire se sépare complètement, en entraînant avec elle la plus grande partie de l'amine primaire. Nous supposons que la méthylisoamylamine forme un hydrate soluble dans les solutions aqueuses de base primaire; cet hydrate, qui perdrait son eau à chaud en devenant insoluble, existe certainement, car la méthylisoamylamine, mise au contact de l'eau, en absorbe une certaine quantité en s'échauffant et sans se troubler; de plus, le liquide homogène ainsi obtenu étant chauffé, l'eau se sépare de nouveau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions du dihydrure d'anthracène* 9-10 *et de l'anthranol.* Note de M. **R. Padova**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons étudié quelques réactions du dihydrure d'anthracène 9-10. Ce corps a été préparé par la méthode de Bamberger et Lodter [1] en réduisant l'anthracène au moyen de l'alcool amylique et du sodium.

Chauffé avec du soufre à 200°, le dihydrure d'anthracène donne simplement de l'anthracène. Il ne se condense pas avec les aldéhydes aromatiques et ne réagit pas avec le chlorure de benzylidène. Avec le phénylchloroforme,

---

[1] *Ber.*, t. XX, 1887, p. 3073.

au sein du xylène, il n'y a pas de réaction. Si l'on chauffe le dihydrure d'anthracène avec du phénylchloroforme, sans dissolvant, en présence de poudre de marbre, afin d'éliminer l'acide chlorhydrique, on n'obtient que des produits résineux.

En revanche, le dihydrure d'anthracène se condense avec le chlorure de benzophénone :

On fond dans un tube chauffé au bain d'huile 5g,4 de dihydrure d'anthracène, et l'on y ajoute 13g,5 de chlorure de benzophénone. On élève progressivement la température jusqu'à 250° et l'on continue à chauffer pendant 2 heures et demie. On coule la masse fondue qu'on pulvérise après solidification. On l'extrait d'abord à l'éther, puis à l'acide acétique bouillant. Le résidu de l'extraction éthérée donne un produit résineux. L'acide acétique contient en dissolution de l'anthracène caractérisé par son point de fusion. Enfin le résidu, insoluble dans l'acide acétique, donne, après deux cristallisations dans le xylène, de longues aiguilles blanches fondant à 305°, se dissolvant sans coloration dans la pyridine et le bromure d'éthylène, et correspondant au corps

$$\begin{array}{ccc} C^6H^5 & & C^6H^5 \\ & \diagdown C \diagup & \\ & \| & \\ & C & \\ H^4C^6 & \langle \quad \rangle & C^6H^4 \\ & C & \\ & \| & \\ & C & \\ H^5C^6 & \diagup \quad \diagdown & C^6H^5 \end{array}$$

soit le tétraphénylanthraxylilène. Le rendement est de 18 pour 100 de la théorie.

Le poids moléculaire (ébullioscopie dans le bromure d'éthylène) correspond à la formule simple. Avec l'acide sulfurique concentré, coloration verte. Ce corps est identique au corps obtenu par Staudinger (1) par une autre voie. Réduit par l'alcool benzylique et le sodium, il donne

$$\begin{array}{ccc} C^6H^5 & & C^6H^5 \\ & \diagdown CH \diagup & \\ & | & \\ & C & \\ H^4C^6 & \langle \; | \; \rangle & C^6H^4 \\ & C & \\ & | & \\ & CH & \\ H^5C^6 & \diagup \quad \diagdown & C^6H^5 \end{array}$$

fondant au-dessus de 360° et caractérisé par une intense fluorescence violette.

Une Note toute récente de M. H. Meyer (2) m'engage à publier les résultats que j'ai

(1) *Ber.*, t. XLI, p. 1362.
(2) *Ber.*, t. LXII, p. 143.

obtenus dans l'oxydation de la dianthrone de Dimroth [1]. La dianthrone a été préparée par la méthode de Dimroth. Ce corps se forme également dans l'action du soufre sur l'anthranol, et en petite quantité dans l'action de l'oxyde jaune de mercure sur l'anthranol. Il est insoluble dans les alcalis aqueux. Par oxydation au moyen du nitrite d'amyle en solution dans la pyridine, nous avons obtenu un corps jaune serin, fondant au-dessus de 295°, se dissolvant en vert à chaud dans le pseudocumène, alors que, à froid, les dissolutions sont jaunes, et correspondant à la composition de la dianthraquinone

O

O

Avec l'acide sulfurique concentré, coloration verte.

L'action du chloroforme et de la potasse alcoolique sur l'anthranol nous a permis d'isoler un corps cristallisant en petits prismes rouge foncé, insolubles dans l'acide acétique, le pseudocumène, la pyridine; soluble à chaud dans la quinoléine, la diéthylaniline, le nitrobenzène; se dissolvant en vert bleuâtre dans la potasse alcoolique, et fondant au-dessus de 310°. L'analyse a donné des résultats correspondant à la formule

$$\begin{array}{c} H - \underset{\displaystyle \overset{\Vert}{C}}{C} - C\left\langle \begin{array}{c} C^6H^4 \\ \hline C^6H^4 \end{array} \right\rangle COH, \\ H^4C^6 \left\langle \begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right\rangle C^6H^4 \\ \overset{C}{\Vert} \\ O \end{array}$$

(10-oxanthryl-9-anthraquinométhane). Le groupe hydroxyle a été caractérisé par la formation d'un dérivé acétylé fusible à 201-202°, jaune clair, et d'un dérivé benzoylé, prismes jaune canari fondant à 216-218°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la combustion des gaz sans flamme et sur les conditions d'allumage par incandescence.* Note de M. **Jean Meunier**, présentée par M. Troost.

En poursuivant l'étude de la combustion sans flamme des gaz (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 539, 759 et 864), j'ai pu faire des remarques qui per-

(1) *Ber.*, t. XXXIV, p. 223.

mettent de préciser le mécanisme des différentes formes de la combustion et les conditions du passage de l'incandescence à l'explosion et à la flamme, ou *vice versa*.

Je me sers pour mes opérations d'un brûleur Auer ordinaire, dont le manchon a été enlevé ainsi que la tige latérale sustentatrice; celle-ci a été remplacée par une tige implantée au centre du brûleur, laquelle peut être changée à volonté et maintient droite une spirale formée d'un fil de platine, ou même de plusieurs réunis en une torsade. Pour obtenir l'incandescence, il suffit d'échauffer la spirale en allumant la lampe pendant quelques secondes, puis de l'éteindre en pressant entre les doigts le tube de caoutchouc qui amène le gaz. Si l'on décomprime le tube doucement et sans à-coup, la spirale éteinte, ou à peu près, devient de nouveau incandescente et, quand elle a acquis un éclat fixe, elle reste indéfiniment dans cet état s'il n'intervient aucune cause extérieure.

Le brûleur Auer est un brûleur Bunsen modifié qui laisse dégager, non pas du gaz d'éclairage pur, mais un mélange d'air et de gaz en proportions telles qu'il est explosif. J'ai pu établir rapidement au moyen de l'appareil que j'ai décrit (t. CXLV, p. 622) que les proportions explosives pour le gaz d'éclairage de composition moyenne sont comprises entre les limites de 10 pour 100 et de 32 pour 100 de gaz. Le bec Auer ne peut fonctionner normalement que grâce à la toile métallique qui recouvre la partie supérieure; sans elle, la flamme descendrait à l'intérieur et brûlerait au niveau des orifices qui servent à l'arrivée de l'air, comme cela arrive avec le brûleur Bunsen ordinaire des laboratoires quand la prise d'air est mal réglée.

L'incandescence de la spirale de platine ne se maintient que dans des mélanges à composition explosive. Avec le bec Auer, on peut faire varier dans une certaine mesure la teneur des mélanges, en ouvrant plus ou moins les prises d'air; la composition d'un mélange demeure constante pour un réglage donné. C'est ainsi que j'ai entretenu l'incandescence de la spirale avec un courant à 26 pour 100 de gaz, puis avec un autre courant à 20 pour 100; ce dernier a donné une incandescence plus vive, qui semblait encore s'aviver avec le courant à 18 pour 100. Ces observations montrent que l'éclat de l'incandescence est en rapport avec la force explosive des mélanges gazeux qui l'entretiennent. Il serait intéressant de mesurer photométriquement cet éclat, car, une fois la relation établie entre l'incandescence et l'explosivité, on aurait un moyen simple de comparer entre elles les forces explosives des mélanges à diverses teneurs. Je me propose de le faire ultérieurement.

Mais il est une autre série de phénomènes qui sont en rapport, eux aussi, avec la composition des mélanges; ce sont les phénomènes de passage de l'incandescence à l'explosion et à la flamme. Je laisse de côté certaines particularités que j'ai observées et je n'envisage actuellement que le cas, expérimentalement très net, où le régime de l'incandescence du platine est

établi et se maintient uniforme; il demeure en cet état tant qu'aucune cause extérieure ne vient le troubler.

Effets des variations du courant gazeux qui alimente la lampe. — Si l'on pince brusquement le tube de caoutchouc, on entend une légère explosion et l'incandescence s'éteint progressivement.

Si on le lâche tout à coup avant que l'incandescence ait cessé, l'explosion a lieu et la flamme s'allume.

Au contraire, en pinçant progressivement, on évite l'explosion à l'extinction, et en décomprimant de même on évite l'explosion et la flamme, et l'on établit ainsi, comme je l'ai indiqué plus haut, la combustion par incandescence.

Effets des courants d'air extérieurs. — La lampe étant en pleine incandescence, on peut provoquer l'allumage avec explosion préalable, par un courant d'air brusque dans le voisinage, soit par un geste rapide, soit par un coup de mouchoir, soit en ouvrant ou en fermant une porte, etc., ou bien en soufflant à distance dans la direction de la lampe, en portant sur le verre un objet qui refoule momentanément le courant ascendant; on peut aussi prendre la lampe par le pied et la balancer doucement, l'inflammation n'a pas lieu, mais elle se produit par un brusque rappel à soi.

L'incandescence se maintient, même si le verre est enlevé, mais dans ce cas l'influence des causes extérieures devient plus manifeste. Cela fait ressortir le rôle protecteur du verre. De même l'allumage devient plus facile à mesure que le mélange devient plus explosif.

On a reconnu depuis longtemps, dans l'exploitation des mines de houille, que le balancement des lampes, leur retrait brusque au sein de l'air chargé de grisou, les variations de composition jouaient un rôle encore inexpliqué sur l'inflammation de celui-ci; ces circonstances seraient à rapprocher des expériences précédentes faites uniquement avec du gaz d'éclairage, qui est beaucoup plus inflammable que le grisou.

Des considérations très simples suffisent à expliquer les faits précédents. La combustion sans flamme est réellement un mode de combustion vive, comme l'explosion ou la flamme, car elle donne lieu à une production régulière et continue de gaz carbonique et de vapeur d'eau, comme je m'en suis assuré; elle diffère essentiellement des deux autres modes par la manière dont se propage la combustion à travers les couches gazeuses, celles-ci *convergent* vers le foyer d'allumage qui est la substance incandescente, et la combustion s'effectue seulement à sa surface, au lieu que dans l'explosion la marche de l'inflammation est *divergente*. On conçoit qu'en raison même de sa nature, le régime *de la combustion à marche convergente* se laisse facilement troubler par les causes extérieures. Ce régime, qui est celui des combustibles solides et qui est dû à l'attraction de l'oxygène, comme je l'ai fait remarquer dans des Notes précédentes, peut être aussi celui de la combustion des gaz; dans le cas des solides il est absolument stable, dans le cas des gaz, au contraire, il passe facilement au mode divergent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Extension aux colloïdes de la notion de solubilité.* Note de M. **Duclaux**, présentée par M. Roux.

La notion de solution saturée, sous sa forme ordinaire, n'est pas applicable aux colloïdes. En effet, tandis qu'un sel cristalloïde se dissout dans l'eau dans des proportions constantes, un colloïde amené à l'état solide ou bien ne se redissout pas (sulfure d'arsenic) ou se dissout en proportions presque indéterminées (gomme, gélatine, acide tungstique).

Mais il existe un autre procédé pour définir la solubilité d'une substance. Une solution de cette substance sera enfermée dans un vase perméable au dissolvant, imperméable au corps dissous, et l'on exercera sur elle une pression supérieure à la pression osmotique de ce corps. Le dissolvant filtrera au travers de la paroi, et la concentration ira en augmentant jusqu'à une certaine limite qui (abstraction faite des phénomènes de sursaturation) *définira la solubilité* à la température de l'expérience.

Cette propriété, qui est généralement inutilisable dans le cas des cristalloïdes, faute de membranes semiperméables convenables, est au contraire d'une application constante dans l'étude des colloïdes. Ceux-ci peuvent, comme l'on sait, être concentrés par une filtration sur certaines membranes, notamment sur collodion, sous une pression supérieure à la pression osmotique qu'ils exercent : et l'analogie se poursuit en ceci que, comme les cristalloïdes, les colloïdes ne peuvent être concentrés que jusqu'à une certaine limite, et sous une certaine pression, au delà de laquelle ils prennent l'état solide (1). Cette pression est la *pression osmotique maxima :* la concentration limite peut être appelée la *solubilité* du colloïde.

Cette solubilité est très variable d'un colloïde à l'autre. Elle est, par exemple, à la température ordinaire, voisine de 4 pour 100 pour la gélatine, moindre que 1 pour 100 pour la gélose, supérieure à 60 pour 100 pour certaines variétés d'oxyde de fer et d'acide tungstique. La pression osmotique maxima est variable dans des limites beaucoup plus étendues, plus faible que 2^{cm} d'eau pour le platine de Bredig, elle dépasse 20^{m} pour l'hydrate de fer, et est sensiblement nulle pour un colloïde voisin de son point

(1) J. Duclaux, *Journal de Chimie physique,* t. V, 1907, p. 29. Il n'y a pas passage brusque de l'état liquide à l'état solide : il y a seulement un point où la viscosité de la solution augmente très rapidement (dans un cas comme la 35e puissance de la concentration) et où la rigidité devient évidente. Le phénomène est d'autant plus net que les micelles sont plus fines et de grosseur plus uniforme. Il perd toute netteté dans le cas des colloïdes troubles qui se comportent plutôt comme des suspensions.

de coagulation. Il s'agit donc d'une grandeur aussi variable d'un corps à l'autre que l'est la solubilité des cristalloïdes.

La mesure de cette solubilité est utile à plusieurs points de vue.

1. *Stabilité.* — Une solution colloïdale est dite *stable* quand elle se conserve sans altération, et résiste aux variations de température ou aux actions coagulantes. Une telle définition est fort incertaine. Or, on constate que les solutions considérées comme stables sont celles de forte solubilité et forte pression maxima, et inversement. Nous pouvons donc, par ce moyen, définir la stabilité par un nombre.

2. *Variation d'un colloïde.* — Une substance ajoutée à un colloïde, en quantité insuffisante pour amener la coagulation, en modifie cependant l'état. Quelquefois on s'en aperçoit par un changement de couleur (or), ou de transparence (albumine), ou de viscosité (gélatine); mais souvent il n'y a aucune modification perceptible. Au contraire, en étudiant la pression maxima, on constate que toute addition d'un coagulant, même en quantité bien inférieure à celle qui amène la coagulation, *diminue cette pression :* d'où un nouveau moyen d'étude, souvent applicable quand les autres seront en défaut.

3. *Séparation.* — Je signalerai seulement que, de même que les différences de solubilité des cristalloïdes en permettent la séparation, il est possible dans certaines conditions de séparer deux colloïdes dont les pressions maxima sont différentes. Ces séparations, toutefois, ne sont pas complètes, et l'on peut résumer les apparences observées en disant que les colloïdes se comportent, en ces circonstances, comme s'ils étaient tous isomorphes.

4. *Classification.* — Les colloïdes naturels ou artificiels se classent en séries. Ainsi, nous pouvons considérer tous les amidons comme faisant partie d'une même série : les gélatines en forment une autre, les albumines une ou plusieurs autres. Les hydrates ferriques de Graham, purifiés inégalement par dialyse, formeront encore une série.

Chacune de ces séries comprend des corps de propriétés très différentes et qu'on classe en faisant appel, dans chaque cas, à des propriétés particulières. On définit les gélatines par leur pouvoir gélifiant, les solutions d'or par leur couleur, les amidons par leur fluidité, les hydrates ferriques par leur stabilité vis-à-vis des réactifs.

Dans bien des cas, et peut-être dans tous, on peut remplacer ces classifications par celle qui repose sur la notion de solubilité et de pression

maxima, car ces deux quantités sont très variables d'un terme à l'autre. Ainsi, la pression maxima d'un amidon visqueux est appréciable; celle d'un amidon transparent fluide de quelques dixièmes d'atmosphère. Celle de l'or bleu est nulle; celle de l'or rouge de plusieurs décimètres d'eau. Pour l'hydrate ferrique, cette pression varie régulièrement, suivant qu'on prolonge plus ou moins la dialyse, de plus de 2^{atm} à moins de $\frac{1}{100}$. Ainsi, les colloïdes peuvent être rangés dans leur série et la place de chacun donnée *par un nombre.*

Quelle est maintenant la signification de ce nombre, et de quoi dépend cette solubilité d'un colloïde?

Un grand nombre d'expériences faites sur les séries déjà un peu connues (colloïdes minéraux et spécialement hydrate ferrique : amidon) suggèrent que la solubilité est en rapport très étroit avec les propriétés de la micelle elle-même (grosseur, composition chimique ou charge électrique) et dépend surtout de cette dernière. L'étude de la solubilité est donc, en réalité, l'étude des propriétés *irréductibles* de la micelle. Or, c'est évidement par l'étude de ces propriétés qu'on peut espérer réduire à quelque chose de plus simple les apparences si complexes que nous offrent les colloïdes, et préparer la voie à une conception générale. L'étude de la solubilité semble particulièrement appropriée à ce but.

Les expériences qui ont conduit à ces conclusions, et qui ne peuvent être décrites ici, ont été faites en collaboration avec M. J.-H. Russenberger.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des acides sur la peroxydiastase.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mlle **M. Rozenband**, présentée par M. E. Roux.

En étudiant l'action des acides sur la laccase, l'un de nous a constaté antérieurement que ces réactifs pouvaient être divisés en deux groupes (1) : celui des acides qui, à des doses extraordinairement petites, paralysent l'action oxydante du ferment soluble et celui des acides qui, au contraire, peuvent être considérés comme inactifs, étant pour ainsi dire sans effet, malgré la concentration. Les acides du premier groupe agissent sur la laccase en quantités proportionnelles à leur poids moléculaire et inversement proportionnelle à leur degré de basicité.

Ces résultats, extrêmement nets, se sont montrés en complet accord avec

(1) Gab. Bertrand, *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 340.

la constitution présumée de la laccase et ont apporté, en outre, une notion quantitative concernant l'activité du groupement électro-négatif lié au manganèse dans le ferment soluble.

Nous avons cherché si ces résultats, applicables à la tyrosinase, d'après une première série d'expériences, l'étaient également à la substance catalytique étudiée sous les noms de *leptomine*, de *peroxydase* ou de *peroxydiastase*. Cette substance, confondue à tort par certains auteurs avec les oxydases, existe pour ainsi dire d'une manière constante dans les cellules animales ou végétales. On la met en évidence par des réactions qui sont purement de laboratoire, et l'on ignore à la fois sa constitution chimique et le rôle qu'elle peut remplir dans l'organisme. Un examen systématique de l'action des acides pouvait être de quelque utilité pour la connaissance de la peroxydiastase.

Nous nous sommes procuré d'abord une préparation très active de la substance diastatique en partant du son de froment (¹). La peroxydiastase ainsi obtenue décomposait encore l'eau oxygénée, en présence du gayacol (²), à la dilution de $\frac{1}{3000000}$.

Pour effectuer les recherches comparatives, nous ajoutions la quantité de diastase dissoute dans $0^{cm^3},5$ d'eau à 1^{cm^3} de solution de gayacol à 2 pour 100, puis nous complétions le volume de 2^{cm^3}, soit avec de l'eau, soit avec une dilution acide d'un titre connu. Dans le mélange, nous faisions alors tomber trois gouttes d'eau oxygénée pure à 1 pour 100 en volume (³). L'eau nécessaire à toutes ces expériences était de l'eau redistillée dans le vide à l'aide d'un appareil de verre. On choisissait comme terme de comparaison une coloration orangée faible produite en l'espace de 5 minutes. Le degré d'approximation atteignait environ 10 pour 100.

Les acides paralysent la peroxydiastase, mais d'une manière différente de la laccase et de la tyrosinase.

Tout d'abord, il en faut des doses notablement plus fortes. Ensuite, et c'est là le résultat le plus important de ces recherches, au lieu de se classer en deux groupes, l'un actif, dans lequel tous les acides se valent à concentration fonctionnelle égale, et l'autre inactif, ils se rangent en une série continue, d'aspect très singulier au premier abord, mais qu'on peut, dans une certaine mesure, rapprocher de l'ordre de classement des acides d'après leur conductivité électrique ou, peut-être mieux, de leur activité catalytique.

Si, par exemple, on fait égal à 100, d'une part (I), l'activité paralysante

(¹) D'après la méthode de MM. Gab. Bertrand et W. Mutermilch (*Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 1285).

(²) Il se produit de la tétragayacoquinone (*Bull. Inst. Pasteur*, t. II, 1904, p. 398).

(³) Perhydrol de Merck étendu convenablement avec de l'eau.

de l'acide chlorhydrique sur la peroxydiastase et, d'autre part (II), le pouvoir hydrolysant de cet acide pour le saccharose, d'après les expériences d'Ostwald, on trouve pour certains acides :

Acides monobasiques.

	I.	II.
Acide benzène-sulfonique	169,5	104,4
Acide chlorhydrique	100,0	100,0
Acide monochloracétique	12,5	6,2
Acide formique	4,5	1,5
Acide acétique	0,9	0,4

Acides bibasiques (1).

	I.	II.
Acide sulfurique	257,9	107,3
Acide oxalique	124,5	39,0
Acide malonique	6,2	6,2
Acide succinique	<0,4	1,0

Acides tribasiques (1).

	I.	II.
Acide phosphorique	21,4	18,6
Acide arsénique	17,8	14,4
Acide citrique	4,45	5,1

L'ordre est le même dans les deux Tableaux, mais la proportionnalité diffère. Dans le second, celui d'Ostwald, cette proportionnalité est presque exactement la même, comme on sait, que celle des conductivités électriques; dans le premier, au contraire, elle est tout à fait différente : il intervient une cause perturbatrice dont la nature nous échappe pour le moment.

Cette cause perturbatrice est même si importante que, pour expliquer l'action d'autres acides, on ne trouve plus aucune relation. Par exemple :

Noms des acides.	I.	II.
Acide trichloracétique	214,4	75,4
Acide azotique	178,0	100,0
Acide sulfovinique	156,1	100,0
Acide dichloracétique	124,5	27,1
Acide chlorhydrique	100,0	100,0
Acide isobutyrique	2,2	0,3
Acide lactique	2,2	1,1

(1) Les chiffres sont rapportés à la molécule-gramme, sans tenir compte du nombre des fonctions acides.

L'influence exercée par les sels neutres sur la réaction nous ramène à la comparaison entre l'activité des acides sur le saccharose et sur la peroxydiastase.

On sait qu'en présence d'une quantité équivalente d'un sel de potassium ou de sodium de l'acide considéré, le pouvoir hydrolysant se trouve fortement abaissé dans le cas d'un acide faible, comme l'acide acétique, légèrement augmenté, au contraire, dans celui d'un acide fort, comme l'acide sulfurique. Or, nous avons trouvé que la dose paralysante d'acide acétique, qui est de 2^{molg} par litre lorsque l'acide est libre, doit être portée à $3^{mol},5$ en présence d'une quantité équivalente ($3^{mol},5$) d'acétate de sodium. Avec l'acide oxalique et l'oxalate de potassium, il a fallu porter la dose de $0^{mol},014$ à $0^{mol},125$, tandis qu'avec l'acide sulfurique et le sulfate de potassium nous n'avons pas observé de différence appréciable (1).

De tous ces faits il ressort avec évidence que la peroxydiastase est impressionnée, non seulement par la fonction acide, mais aussi, dans une très forte mesure, par le radical auquel cette fonction se trouve attachée. Il est probable, en outre, que la peroxydiastase agit d'après un processus très différent de celui de la laccase et de la tyrosinase.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la maltase du maïs.* Note de M. **R. Huerre**, présentée par M. L. Maquenne.

Tous les auteurs qui ont étudié les diastases des semences de maïs y ont constaté la présence de maltase, mais leurs conclusions touchant les propriétés de cet enzyme sont loin d'être identiques : c'est ainsi que son optimum d'activité est fixé tantôt à 50°, tantôt à 60°.

Nous avons reconnu que les différentes variétés de maïs se comportent de façons très dissemblables, tant au point de vue de cet optimum qu'à celui des limites de température entre lesquelles fonctionne leur maltase; nous exposons dans cette Note le résultat de nos recherches sur deux espèces particulièrement caractéristiques et en quelque sorte opposites, bien qu'elles soient cultivées dans le même pays, le maïs *blanc hâtif* et le maïs *jaune hâtif* des Landes.

Tous nos essais ont porté sur des semences non germées et à téguments intacts. On a constaté, par un examen microscopique préalable, l'absence

(1) Des sels neutres employés seuls, jusqu'à saturation, comme le sulfate de magnésium (4^{mol}) et le chlorure de sodium (6^{mol}), sont sans effet sur la peroxydiastase.

dans les graines de toute altération due à des insectes ou à des cryptogames. Les extraits ont été préparés en faisant des macérations à 10 pour 100 de graines broyées au moulin; ces macérations, ainsi que les extraits filtrés, étaient additionnées de trois gouttes de toluène par 10^{cm^3}.

1° *Maïs blanc hâtif des Landes. Température minima d'activité.* — L'extrait fourni par cette espèce contient une maltase déjà très active à 15° et qui agit encore au-dessous de 0° : l'ayant en effet additionné de 2 pour 100 de maltose, on a trouvé, après 6 heures, 8-10 pour 100 de sucre hydrolysé à 0°. Après 18 heures, à 1° au-dessous de zéro, même résultat.

Température maxima d'activité. — Cette maltase fonctionne encore à 60°, mais cesse d'agir à 65° : l'hydrolyse du maltose est nulle à cette température, après 3 heures de contact.

Température optima. — Nous l'avons déterminée en faisant agir l'extrait diastasique sur l'empois d'amidon et le maltose pur.

Action sur l'empois. — On mélange volumes égaux d'extrait et d'empois d'amidon à 5 pour 100, on maintient à 15° ou à 50° et l'on constate que :

a. L'amidon disparaît beaucoup plus vite à 50° qu'à 15°, par suite évidemment de l'action de l'amylase, dont l'optimum est voisin de 50°.

b. Bien qu'il reste encore après 20 heures de l'amidon dans le mélange maintenu à 15°, le pouvoir réducteur des sucres qu'il contient est supérieur à celui que donne le mélange maintenu à 50° ($0^g,83$ au lieu de $0^g,72$, calculé en glucose).

c. Si l'on caractérise les sucres dans le mélange maintenu à 50°, alors que le pouvoir réducteur n'augmente plus, on y trouve à la fois du maltose et du glucose, faciles à reconnaître par leurs osazones.

d. Le même essai, effectué avec le mélange maintenu à 15°, ne donne que de la glucosazone.

Tous ces faits ne peuvent s'expliquer que si la maltase du maïs blanc hâtif des Landes présente son optimum au-dessous de celui de l'amylase : elle agit mieux à 15° qu'à 50° et est détruite à cette température avant que la transformation du maltose fourni par l'amylase ne soit complète.

Action sur le maltose. — Les conclusions sont du même ordre : la quantité de maltose hydrolysé est plus grande à 15° qu'à 50°, à 40° qu'à 30° ou 50°.

Resserrant les limites, nous avons trouvé, en centièmes, avec un extrait additionné de 1 pour 100 de maltose, les proportions suivantes de sucre hydrolysé en 6 heures : 85 à 37°, 90 à 40° et 76,6 à 42°.

Le maïs blanc hâtif des Landes contient donc une maltase dont l'optimum se trouve à 40°, qui fonctionne encore aux plus basses températures et cesse d'agir à 65°; plusieurs expériences nous ont permis de constater en outre qu'elle est détruite par une chauffe de 2 heures à 50°.

Ces propriétés la rapprochent de la maltase de la levure qui, d'après

Lintner, présente aussi son optimum à 40° et est promptement détruite à 50°.

2° *Maïs jaune hâtif des Landes. Minimum.* — La maltase de cette espèce se comporte d'une tout autre manière : l'extrait ne dédouble pas le maltose au-dessous de 20°, même à la suite de contacts prolongés pendant 6, 20 et 24 heures.

C'est seulement à partir de 22° que le maltose se transforme en glucose : un extrait additionné de 1 pour 100 de maltose pur et maintenu pendant 48 heures à cette température a montré une hydrolyse correspondant à 10,8 pour 100 du sucre introduit.

Cette maltase n'agissant pas à 20°, l'extrait qui la renferme ne devait pas pousser au delà du stade maltose la transformation de l'empois soumis à son influence à cette température; nous avons en effet vérifié que le poids de glucosazone fourni n'est pas plus considérable avec le mélange d'extrait et d'empois, saccharifié à 20°, qu'avec le même volume d'extrait sans empois.

Dans ces conditions, le maïs jaune hâtif des Landes se comporte donc comme s'il ne contenait que de l'amylase.

Maximum. — Cette maltase n'est pas complètement détruite à 80° : après 2 heures et demie de chauffe à cette température, nous avons constaté une hydrolyse de 6,6 pour 100 du maltose ajouté à l'extrait.

Optimum. — Après 6 heures, aux températures indiquées ci-dessous, l'hydrolyse du maltose ajouté, dans la proportion de 1 pour 100 d'extrait, a été, en centièmes, de 11 à 30°; 17,8 à 40°; 33,3 à 50°; 42,2 à 60° et 17,8 à 70°.

L'optimum doit se trouver tout près de 60° et un peu au-dessous de 62°, car en 6 heures, dans d'autres expériences, il y a eu 50 pour 100 de maltose hydrolysé à 58°; 52 pour 100 à 60° et 49 pour 100 à 62°.

Le maïs jaune hâtif des Landes contient donc une maltase agissant de 22° à 80° et ayant son optimum à 60°; nous la nommerons *maltase haute*, par opposition à celle décrite précédemment.

AGRONOMIE. — *De l'emploi de l'arséniate ferreux contre les insectes parasites des plantes.* Note de MM. **Vermorel** et **Dantony**, présentée par M. Müntz.

Tous les sels solubles d'arsenic ont, même à faible dose, une action nocive sur les parties vertes des végétaux, qu'ils détruisent à dose vraiment insecticide. Nous en avons fait la vérification pour les arsénites et arséniates de

soude, potasse et ammonium, nuisibles pour les végétaux à des dilutions de l'ordre des $\frac{1}{2000}$.

Parmi les sels réputés insolubles : le vert de Scheele ou arsénite de cuivre et le vert de Schweinfurth ou acéto-arsénite de cuivre, après addition d'une quantité suffisante de chaux, ne brûlent pas les végétaux et exercent une action insecticide nettement marquée. Ils manquent seulement d'adhérence.

L'arséniate de plomb seul, préparé par double décomposition au moment de l'emploi, satisfait bien aux qualités générales qu'un insecticide doit présenter ; il foudroie véritablement les insectes et ne brûle pas les végétaux même à des concentrations élevées. Toutefois, la couleur blanche de la bouillie obtenue peut prêter, au moins dans les milieux agricoles, à des confusions regrettables, et les comités d'hygiène se prononcent nettement contre son emploi.

Pour parer aux inconvénients précités, nous avons essayé successivement la plupart des composés arsénicaux actuellement connus. La bouillie à base d'arséniate ferreux $(AsO^4FeH)^2$ que nous étudions depuis 3 ans nous a paru présenter des qualités toutes particulières.

Nous l'obtenons de la manière suivante :

A.	Eau	10^l
	Arséniate de soude cristallisé	400^g
B.	Eau	10^l
	Sulfate de fer cristallisé	400^g

Mélanger, en versant par petites portions, la liqueur B dans la liqueur A ; agiter et plonger de temps en temps dans le mélange un papier imprégné de ferro- ou de ferricyanure de potassium ; cesser les effusions de la liqueur B lorsque le papier bleuit franchement. Étendre ensuite à 100^l et employer. On obtient environ 200^g d'arséniate ferreux par hectolitre.

Le mélange de quantités fixes de sulfate de fer et d'arséniate de soude ne permet pas, en raison du degré de pureté toujours variable de ces produits, d'obtenir une bouillie neutre, sans excès de l'un des constituants. Or il est très important de ne pas avoir d'arséniate soluble en excès. L'emploi du papier indicateur sensible aux sels ferreux et ferriques permet d'éviter cet inconvénient.

La bouillie, obtenue comme nous venons de l'indiquer, renferme, en dehors de l'arséniate ferreux, du sulfate de soude et de l'hydrate ferreux. Au contact de l'air, l'arséniate ferreux verdit et se transforme en arséniate ferroso-ferrique ; l'hydrate ferreux s'oxyde également et donne naissance à de l'hydrate ferrique, lequel constitue le meilleur contrepoison de l'arsenic. L'aspect général du mélange est d'un vert sale ; aucune confusion n'est possible avec un produit alimentaire ; il est de plus très adhérent.

Les expériences comparatives que nous avons faites à cet égard nous ont donné de nombreux chiffres, un peu différents suivant la concentration des bouillies, mais montrant nettement que, pour toutes les concentrations usuelles variant de 100g à 1000g de sel arsénical par hectolitre, l'adhérence de l'arséniate de fer est maximum quand on le prépare comme nous l'avons indiqué plus haut; elle diminue nettement même quand on opère la précipitation à l'aide de solutions plus diluées, toutes autres conditions restant égales.

Enfin l'adhérence de l'arséniate ferreux augmente avec la concentration de la bouillie. Égale à 85 pour des bouillies à 200g par hectolitre, elle atteint 98 pour des bouillies à 500g.

Action sur les végétaux. — Nous avons pulvérisé cet insecticide sur un grand nombre de plantes cultivées. La vigne est une des moins résistantes; elle supporte néanmoins, sans présenter la plus petite brûlure, des bouillies renfermant 500g d'arséniate ferreux par hectolitre; les poiriers, pommiers et pruniers résistent parfaitement bien à la dose de 2 pour 100, concentrations triples et décuples de celles nécessaires pour détruire les insectes.

Au-dessous de 200g par hectolitre, aucune plante n'est brûlée. Nous avons enfin remarqué que les plantes ayant reçu des pulvérisations d'arséniate de fer verdissaient très rapidement. Quant à l'action insecticide de l'arséniate ferreux, elle est très nette.

En 1906, 1907, 1908, nous avons pu, à l'aide de l'arséniate ferreux, préserver plusieurs vergers autrefois ravagés par le *Carpocapsa pomonella*.

En 1907, deux traitements à l'arséniate ferreux nous ont permis de conserver à peu près indemnes trois rangs de vignes situés au milieu d'un vignoble dont toutes les parties vertes avaient été dévorées par l'altise. Nous avons, la même année, constaté l'efficacité de cet insecticide contre la pyrale de la vigne. Enfin nous avons, en 1908, au moment de la ponte de la cochylis, procédé à la pulvérisation de quelques rangées de vignes; 15 jours après cette opération, les ceps traités présentaient une moyenne de 4 à 5 chenilles vivantes, les ceps témoins de 15 à 20.

Il ressort des expériences comparatives que nous avons entreprises à ce sujet que la bouillie à l'arséniate ferreux tue les insectes à partir de 100g par hectolitre (la concentration la meilleure varie entre 150g et 200g) et qu'il est superflu de dépasser cette dernière dose.

Nous pensons que l'arséniate ferreux, dont nous nous proposons de poursuivre l'étude, pourra, en raison des faits exposés, rendre quelques services aux agriculteurs.

ANATOMIE. — *A propos de l'anatomie du thymus humain.* Note de M. **René Cruchet**, présentée par M. Bouchard.

La courte Note communiquée à la séance du 11 janvier dernier par MM. Henri Rieffel et Jacques Le Mée confirme, pour la plus grande part, les remarques que j'ai déjà faites et publiées en 1901 (1).

Voici, en preuve, quelques passages textuellement empruntés à mon dernier Mémoire de septembre 1901, établi sur 59 cas; je suivrai, pour mes citations, l'ordre même des paragraphes de la Note de MM. Rieffel et Le Mée.

1. Le thymus se compose en général de *deux lobes accolés sur la ligne médiane,* séparés ordinairement l'un de l'autre par la mince cloison conjonctive qui forme leur enveloppe à ce niveau; ils sont cependant assez fréquemment réunis par des points de substance glandulaire qui donnent au thymus, suivant les cas, l'aspect d'un U, d'un H, d'un V ou d'un X. Ces lobes, très inégaux, sont terminés par une extrémité supérieure ou *corne supérieure* plus ou moins effilée, et par une extrémité inférieure plus courte et plus épaisse, que les auteurs anciens avaient désignée sous le nom de *corne inférieure.*

Chaque lobe se décompose en *lobules* étroitement unis : les lobules thymiques chez l'enfant ne sont jamais aussi isolés qu'on le croit les uns des autres; ils communiquent presque toujours par une large anastomose, non seulement conjonctive mais glandulaire; les lobules ne sont jamais plus de deux ou trois pour chaque lobe, ce qui est de beaucoup inférieur au nombre indiqué par quelques Traités classiques, lesquels décrivent moins le lobe thymique de l'homme que celui du veau.

2. La corne supérieure gauche recouvre la portion gauche du tronc brachio-céphalique veineux gauche, ainsi que les veines thyroïdiennes qui viennent s'y jeter à ce niveau; elle entre en rapport, en allant de la gauche vers la droite, avec l'artère sous-clavière, le pneumogastrique, la carotide primitive, l'*œsophage* qui, dans beaucoup de cas, dépasse nettement à gauche la trachée au point même (comme nous l'avons vu dans trois cas) d'avoir son bord droit au contact du bord trachéal gauche; la corne supérieure gauche est enfin en rapport avec le *nerf récurrent* et le bord gauche de la trachée.

3. La corne supérieure gauche *remonte jusqu'au corps thyroïde* dans un certain nombre de cas (10 dans notre statistique), mais nous croyons que la substance glandulaire proprement dite ne remonte jamais si haut : il s'agit plutôt d'un moyen de fixation assez énergique dépendant de l'aponévrose d'enveloppe et servant parfois de passage à quelques minces vaisseaux.

---

(1) *Macroscopie du thymus chez l'enfant* (*Bulletin de la Société anatomique de Paris,* séance du 31 mai 1901); *Considérations sur l'anatomie macroscopique du thymus chez l'enfant* (*Revue mensuelle des Maladies de l'enfance,* septembre 1901).

4. Un des deux lobes, surtout dans les premiers temps de la vie, glisse fréquemment sur son voisin au niveau de l'adossement conjonctif médian; par suite, si la *corne supérieure droite est la plus élevée,* la *corne inférieure gauche est la plus basse,* et réciproquement à la corne inférieure droite, plus basse, correspond la corne supérieure gauche plus élevée, ce qui est le cas le plus fréquent.....

Quant à l'extrémité inférieure (du thymus), formée par les cornes inférieures, qui manquent dans bon nombre de cas, nous l'avons vue, chez quelques sujets, *arriver jusqu'au diaphragme,* mais ici encore il est excessivement rare que la substance glandulaire elle-même descende si bas : ce n'est guère qu'un tractus fibreux de fixation.

5. Les faces latérales (du corps du thymus) sont en rapport avec les faces internes des poumons dont les séparent les plèvres médiastines, ainsi qu'avec les *nerfs phréniques* et les vaisseaux qui les accompagnent; la plupart des auteurs admettent que le *phrénique gauche* n'entre pas en rapport immédiat avec le thymus : *nous croyons pouvoir affirmer que c'est là une exception;* dans toutes nos observations, sauf quatre, nous avons trouvé le rapport constant.

Nous avons également noté ceci qui n'avait jamais été signalé par personne : la présence, à peu près sur le même plan que les vaisseaux mammaires internes, immédiatement en avant de la lame aponévrotique antérieure (portion de l'enveloppe thymale), de deux veines, d'une artère et d'un nerf, tous les quatre de volume minuscule; l'artère et les veines sont des branches des vaisseaux qui flanquent latéralement le nerf phrénique et vont se perdre à la surface du diaphragme, le *petit nerf en question étant lui-même un rameau du phrénique.*

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Nouvelles recherches cytologiques sur l'autolyse aseptique du foie.* Note de M. L. Launoy, présentée par M. E. Roux.

Étant donné le rôle prépondérant qu'on tend à reconnaître aux phénomènes autolytiques dans la genèse de nombreuses manifestations physiologiques ou pathologiques de la vie cellulaire, il ne paraît pas sans intérêt d'essayer d'en préciser la nature.

A cet égard, les recherches chimiques et cytologiques poursuivies dans ces dernières années sur l'autolyse antiseptique ou aseptique, en milieu liquide (solution de NaCl à 0,9 pour 100) des organes séparés du corps, fournissent des documents dont les conclusions sont souvent contradictoires; elles nous autorisent à dire que, sur le mécanisme du processus autolytique, deux théories essentiellement différentes sont formulées.

Du point de vue chimique, la désintégration autolytique résulte tout entière de l'action combinée de diastases endocellulaires [1]; du point de vue

[1] L. Launoy, *L'autolyse des organes et les ferments endocellulaires* (*Bull. Inst. Past.*, 15 et 30 avril 1908).

cytologique, quelques chercheurs s'appuyant sur les travaux d'Albrecht, Dietrich et Hegler en particulier, soutiennent au contraire que la connaissance du jeu naturel de phénomènes physiques simples (osmose) suffit à l'interprétation de la majeure partie des désordres morphologiques constatés au cours de l'autolyse aseptique. Il est vrai que certaines modifications de structure, provoquées expérimentalement par le contact prolongé, sur des cellules diverses, de solutions salines hypo ou hypertoniques, et même isotoniques, sont très comparables aux altérations autolytiques. Mais les études que j'ai faites sur ce sujet m'ont démontré que de telles lésions cellulaires, pour si graves qu'elles soient, n'aboutissent jamais à la formation d'emblée de corps myéliniques, quand on opère à température relativement basse : 8°-15° (1).

Les corps myéliniques, seuls caractéristiques de la nécrose autolytique, ne se forment assez rapidement (24 heures) qu'à la température de 38°, c'est-à-dire dans les meilleures conditions d'activité des enzymes digestifs d'origine animale. Leur présence permet donc d'établir une différenciation absolue entre les lésions de plasmolyse et les lésions d'autolyse.

D'autre part, si l'action catalytique, activante ou inhibitrice (2), exercée par certains sels sur l'autolyse du foie peut être définie, comme le résultat d'une modification de la perméabilité cellulaire, d'autres faits expérimentaux paraissent difficilement compatibles avec une doctrine purement physique de l'autolyse; telles sont : d'une part, la longue période latente de 20-24 heures (3) pendant laquelle, à 38°, la structure de la cellule s'altère sensiblement fort peu; d'autre part, l'apparition brusque, explosive, des corps myéliniques.

On reconnaîtra que ces faits présentent d'étroites analogies avec des actions enzymatiques connues.

Les expériences qui font l'objet de cette Note, réalisées dans le but de rechercher :

1° La température d'action optimum des phénomènes autolytiques;

2° Les altérations de la cellule hépatique consécutive à sa privation d'électrolytes, ainsi que la façon dont s'autolysent les cellules du foie placées dans ces conditions, plaident en faveur de l'hypothèse enzymatique.

---

(1) L. Launoy, *Contribution à l'étude histo-physiologique de l'autolyse aseptique du foie* (*Ann. Inst. Past.*, t. XXIII, janvier 1909, p. 1).

(2) L. Launoy, *C. R. Soc. Biol.*, t. LXII, 1907, p. 487 et 1175.

(3) L. Launoy, *C. R. Soc. Biol.*, t. LXIV, 1908, p. 32.

1° *Recherche de la température optimum.* — J'ai démontré antérieurement que le chauffage à 55° pendant 30 minutes inhibe d'une façon remarquable les actions autolytiques. De récentes expériences me permettent de dire que la cellule hépatique placée à 50°, dans le NaCl 0,9 pour 100, ne subit aucune modification caractéristique de nécrose autolytique; même après 17 heures, la cellule ne renferme aucun corps myélinique. Il n'en est pas de même pour les cellules s'autolysant à 45°. Déjà après 5 heures, mais surtout après 17 heures, il en est qui renferment de nombreux corps myéliniques. D'ailleurs, les cellules en dégénérescence autolytique sont en quantité restreinte. Quand on prolonge l'action de la température pendant 68 heures, le nombre des cellules autolysées augmente peu. Nous savons cependant qu'à 38°, déjà après 28-36 heures, toutes les cellules d'un fragment de foie se trouvent, sans aucune exception, remplies de corps myéliniques.

Ces résultats démontrent qu'à 45°, la période latente de dégénérescence autolytique est raccourcie, et nous pouvons dire que cette température est la température optimum; ils démontrent également que les causes tenant la nécrose autolytique sous leur dépendance n'agissent à cette température que d'une façon temporaire. Dans l'hypothèse enzymatique, ils concordent manifestement avec ce que nous savons de l'allure des phénomènes diastasiques, pour le plus grand nombre desquels la température optimum d'action (en fonction du temps) et la température de destruction des ferments se trouvent le plus généralement très rapprochées l'une de l'autre; dans le cas particulier, elles paraissent se confondre.

2° *Action de la privation d'électrolytes.* — Dans le but de priver, dans la mesure du possible, les cellules hépatiques des sels qu'elles renferment à l'état libre ou liés à leurs constituants protéiques, j'ai fait dialyser à la glacière, contre l'eau distillée, de très petits fragments de foie renfermés dans des sacs de collodion. On dialysait pendant 48 heures, en renouvelant plusieurs fois le liquide extérieur. Après ce temps, l'appareil tout entier était porté à l'étuve à 38°; la dialyse se continuait à cette température.

Je n'ai pas à m'étendre ici sur les lésions plasmolytiques bien connues, attribuables à l'action de l'eau distillée, et d'ordre purement physique. Je fais simplement remarquer que dans ce cas, pour lequel, comme dans le précédent d'ailleurs, les conditions de la perméabilité cellulaire sont bouleversées, on ne trouve pas de corps myéliniques, même après 32-40 heures d'étuve. Cependant, les éléments cellulaires sont bien reconnaissables; ils présentent de la dégénérescence granuleuse, de la vacuolisation, de la caryolyse; les corps chromatiniens exsudés du noyau sont encore safranophiles; ils ne réduisent aucunement l'acide osmique.

Ceci nous indique donc que, pour s'accomplir, les phénomènes d'autolyse exigent la présence d'un électrolyte. En effet quand, au sortir de la glacière, on interrompt la dialyse contre l'eau pour la continuer à l'étuve contre une solution NaCl, de concentration 0,9 pour 100, la dégénérescence autolytique apparaît d'une façon normale et se définit aisément par la présence des corps myéliniques.

Des expériences de dialyse prolongée contre le saccharose $\Delta = -0^{\circ},55$ aboutissent aux mêmes conclusions.

Les nouveaux caractères de l'autolyse aseptique du foie, que je viens d'étudier, trouvent leurs équivalents dans certaines actions diastasiques.

MÉDECINE. — *Recherches sur la contagion de la tuberculose par l'air.* Note de MM. **Le Noir** et **Jean Camus**, présentée par M. Bouchard.

Des travaux récents ont remis en discussion la question de la contagion de la tuberculose par l'air, qui semblait définitivement résolue.

Il suffit de se reporter aux comptes rendus de la dernière Conférence tenue à Vienne (18 au 21 septembre 1907) pour s'apercevoir que les opinions les plus contradictoires sur ce sujet sont encore soutenues à l'heure actuelle.

En présence de ces contradictions, le Congrès de Washington inscrivait encore cette question à son programme en septembre dernier.

Nous avons eu ainsi un double intérêt à reprendre cette étude, d'abord parce qu'il y avait désaccord sur plusieurs points entre les auteurs et, d'autre part, un certain nombre d'expériences anciennes ayant été faites dans des conditions hygiéniques défectueuses, il était logique de se demander si les progrès de l'hygiène et l'éducation des malades n'avaient pas diminué les chances d'infection.

Toutes nos recherches (1) ont été faites par la méthode des inoculations au cobaye, procédé beaucoup plus fidèle que celui de l'examen direct; nous avons expérimenté sur plus de 100 cobayes, tous sacrifiés et autopsiés avec soin.

Les investigations ont été poursuivies presque en totalité dans une salle de tuberculeux de l'hôpital Saint-Antoine.

Cette salle mesure : $20^{m},30$ de longueur, $3^{m},66$ de largeur, $4^{m},60$ de hauteur, soit un cube d'environ 341^{m^3}; elle est munie de cinq larges fenêtres par la partie supérieure desquelles l'aération est pratiquée d'une façon à peu près continue jour et nuit. Cette salle contient treize lits fixes et deux ou trois brancards, tous occupés par des tuberculeux qui, pour la plupart, crachent et ont des bacilles dans leurs crachats.

1° Nous avons filtré l'air de cette salle par des procédés divers, bourres de coton, bourres de sucre, barbotage avec le tube de Villiers et centrifugation des poussières.

---

(1) Voir *Société de Biologie*, 17 octobre 1907, 21 novembre 1908, 12 décembre 1908, 19 décembre 1908.

Avec ce dernier procédé de filtration, fonctionnant d'une façon continue pendant plusieurs jours, nous avons fait passer jusqu'à 53000^{l} d'air.

Les résultats de l'inoculation de ces produits de filtration ont été dans tous les cas négatifs, aucun cobaye n'est devenu tuberculeux.

2° Nous avons recherché (par inoculation au cobaye) le bacille tuberculeux dans les cavités nasales des médecins, des étudiants en médecine, des infirmiers et infirmières préposés aux soins des malades de cette salle.

Contrairement aux expériences de Strauss (qui sans doute avaient été faites dans des conditions hygiéniques différentes), aucun de nos cobayes inoculés ne contracta la tuberculose.

3° Des poussières de la même salle, recueillies à différentes hauteurs ont été inoculées à des cobayes, et nous avons constaté que ces poussières soit gardées à l'ombre, soit exposées quelques jours au soleil, contenaient des bacilles tuberculeux virulents capables de donner la tuberculose aux cobayes.

A côté de quelques faits positifs, nous devons remarquer cependant que la plupart des inoculations sont restées négatives, ce qui indique que les bacilles tuberculeux contenus dans les poussières de notre salle étaient peu nombreux ou peu virulents.

Des poussières exposées 33 jours à la lumière du laboratoire n'ont pas provoqué la tuberculose chez les cobayes.

Il ressort toutefois de ce troisième groupe d'expériences que les poussières d'une salle bien tenue, bien aérée, de tuberculeux constituent un danger réel.

4° Nous avons, dans d'autres expériences, constaté que l'adjonction de poussières à des crachats bacillifères n'a pas exalté la virulence de ces derniers ni en agissant comme corps étrangers (poussières bouillies), ni par les germes d'infections banales qu'elles contenaient (poussières non bouillies). Cependant, ces derniers, après plus d'un mois, étaient encore pafaitement virulents, car ils ont tué des cobayes d'infection suraiguë. Il est même remarquable que les agents de ces infections banales ne furent pas atténués par la dessiccation ni par le temps, alors que les bacilles tuberculeux, quoique encore virulents après plus d'un mois, l'étaient notablement moins qu'au début.

5° Dans un dernier groupe d'expériences, nous avons fait vivre trois lots de cobayes pendant plusieurs semaines dans la même salle de tuberculeux. Le premier lot était placé sur le parquet dans une cage largement ouverte et les malades pouvaient toucher aux cobayes, leur donner à manger, etc. Le deuxième lot était placé également sur le parquet, dans une cage fermée par deux épaisseurs de grillage, dont une toile métallique fine: cette cage était munie d'un cadenas et les cobayes ne pouvaient avoir aucun contact avec les malades. Le troisième lot fut mis dans une cage fixée au voisinage du plafond.

Dans le premier lot, 1 cobaye sur 4 devint tuberculeux, dans le deuxième lot, 1 sur 5, et dans le troisième lot, 2 sur 3.

On pouvait penser *a priori* que les cobayes du premier groupe seraient infectés beaucoup plus facilement que les autres, et il est permis de supposer que celui des cobayes de ce groupe qui a été infecté l'a été autrement que par l'air. Cette supposition n'est plus possible pour les cobayes des autres groupes qui n'avaient, avec les tuberculeux, d'autres liens que l'air de la salle. C'est donc bien par l'air que ceux qui sont devenus tuberculeux ont été infectés, et ceci, non pas par des particules humides, non pas par des poussières lourdes tombant rapidement sur le sol, mais par des poussières légères, transportables par l'air jusqu'au plafond et dans tous les coins de la salle. Quant à la voie qu'a suivie le bacille chez ces cobayes infectés dans la salle, c'est un point difficile à résoudre. Notons cependant que les animaux devenus tuberculeux ont tous présenté des lésions avancées de tuberculose abdominale (rate et ganglions) paraissant chez certains plus anciennes que les lésions thoraciques; chez aucun nous n'avons trouvé de lésions thoraciques isolées. Les voies lymphatiques ont paru, d'autre part, particulièrement intéressées, puisque 3 cobayes sur 4 avaient, loin des portes naturelles de l'infection, des adénites inguinales déjà caséeuses chez deux d'entre eux. Il est possible que nos animaux aient été tuberculisés par des poussières dégluties; nous ne voulons pas prendre parti, dans cette intéressante discussion, avec ce petit nombre de faits positifs. Il importe d'ailleurs peu, au point de vue pratique qui nous occupe seul en ce moment, que les poussières soient inhalées ou dégluties.

Ce que nous pouvons affirmer, c'est que, conformément à l'opinion classique ancienne, la tuberculose est contagieuse par l'air et par les poussières desséchées, et ceci à plusieurs mètres de distance du lit des tuberculeux.

Sans doute, il ne faut pas exagérer la phobie du bacille tuberculeux, et nos résultats sont, dans une certaine mesure, plus consolants que ceux d'autres auteurs, en particulier que ceux de Strauss. Remarquons pourtant que la salle de tuberculeux dans laquelle ces recherches ont été effectuées représente à l'heure actuelle, par ses conditions hygiéniques, une très bonne moyenne parmi les salles des hôpitaux de Paris; néanmoins, la contagion de la tuberculose par l'air semble s'y faire assez aisément puisque 4 cobayes sur 12 ont contracté la tuberculose.

Les recherches entreprises dans ces dernières années sur l'infection tuberculeuse par les voies digestives sont du plus haut intérêt, mais il serait

regrettable qu'elles détournassent l'attention du danger très réel d'infection par l'air, et que les mesures qui ont pour but de diminuer cette dernière contagion subissent un temps d'arrêt.

MÉDECINE. — *De la durée des effets hypotenseurs de la d'Arsonvalisation.* Note de M. E. **Doumer**, présentée par M. d'Arsonval.

Les propriétés hypotensives de la d'Arsonvalisation sont aujourd'hui établies cliniquement d'une façon irréfutable, mais l'accord est loin d'être fait sur la persistance des abaissements produits : pour les uns, en tête desquels il convient de citer M. Moutier, cet abaissement est durable; pour d'autres, qui d'ailleurs n'apportent aucune preuve à l'appui de leur opinion, il n'est que passager. Il était donc utile d'instituer des recherches pour savoir si ces effets de détente sont durables ou non et, dans ce dernier cas, quelle en est la durée et quelles sont les causes qui les font cesser.

J'ai commencé, en 1906, des recherches à ce sujet et je me suis astreint à suivre de près et pendant un long espace de temps les malades soumis à la d'Arsonvalisation et détendus par elle.

On trouvera dans le Tableau suivant les relevés des mesures de tension que j'ai faites sur 27 hypertendus, traités avec succès, et dont le traitement remonte au moins à 18 mois. Je ne rapporte ici que des cas heureux, car je me réserve de parler prochainement des insuccès et des cas anormaux que j'ai rencontrés.

Numéros d'ordre.	Tensions avant le traitement.	Nombre des séances.	Tensions après le traitement.	1906. — Trimestres. I.	II.	III.	IV.	1907. — Trimestres. I.	II.	III.	IV.	1908. — Trimestres. I.	II.	III.	IV.
1...	**27**	12	15	»	15	15½	15	15	15	16	15	14	15	15	15
2...	**26**	15	15½	»	15½	15	15	16	16	16	15	Mort en janvier, à l'âge de 73 ans, de pneumonie infectieuse.			
3...	**29½**	12	16	»	15	15½	15½	16	15	16½	16	»	16	»	15
4...	**26**	5	15½	»	»	15	14	**21**	15	15	14	14	14½	»	16
5...	**32**	10	16	»	»	»	»	15	15	14	14½	14	**19**	15½	15
6...	**22**	8	15	»	»	»	»	»	15	15	15	17	**20**	15	15½
7...	**24**	6	16½	»	»	»	»	»	14	15½	**18**	14	15½	15½	15
8...	**21**	9	15½	»	»	»	»	»	**18½**	15½	15½	15	15	15½	15½
9...	**25**	13	14	»	»	»	»	»	»	14½	15	15	15½	15½	16
10...	**20**	10	25	»	»	»	»	»	»	16	17	17	**17½**	**18**	**18**

Numéros d'ordre.	Tensions avant le traitement.	Nombre des séances.	Tensions après le traitement.	1906. Trimestres. I.	II.	III.	IV.	1907. Trimestres. I.	II.	III.	IV.	1908. Trimestres. I.	II.	III.	IV.
11...	27	6	15	»	»	»	»	»	»	15	15 ½	15	15 ½	16	15
12...	23	5	15 ½	»	»	»	»	»	»	15	14 ½	14 ½	15	14 ½	15
13...	22	5	15	»	»	»	»	»	»	15	16	16	16 ½	16	16
14...	19	6	15	»	»	»	»	»	»	15	15 ½	14	14	15 ½	15 ½
15...	25	4	16	»	»	»	»	»	»	15 ½	17	15 ½	16	15 ½	16
16...	22	6	15	»	»	»	»	»	»	15	15	15	16 ½	15	16
17...	29	5	14 ½	»	»	»	»	»	»	15	14	14	14 ½	15 ½	15
18...	26	7	15	»	»	»	»	»	»	16	15	14	15	15	14
19...	21	2	16	»	»	»	»	»	»	15	15	16	15 ½	15 ½	16
20...	24	5	15	»	»	»	»	»	»	15	16	16	19	14	14 ½
21...	27	4	14 ½	»	»	»	»	»	»	14	14 ½	15	14 ½	16	15
22...	25	7	16	»	»	»	»	»	»	15	15 ½	16	15 ½	15	16
23...	22	3	15	»	»	»	»	»	»	14 ½	16	20	16	15	18
24...	20	8	14 ½	»	»	»	»	»	»	15	15	15 ½	15 ½	16	15
25...	32	6	15 ½	»	»	»	»	»	»	16	15 ½	14	14	14	14 ½
26...	21	5	16	»	»	»	»	»	»	15 ½	15 ½	16	15 ½	19	15
27...	23	4	14	»	»	»	»	»	»	15	15 ½	15	»	16	15

Pour tous ces malades, le traitement a été sensiblement le même, à cette différence près que pour les 10 premiers je me suis un peu écarté de la technique que M. Moutier nous a fait connaître, car pour eux je faisais des séances relativement longues. Pour les 17 derniers j'ai suivi strictement, au point de vue de la durée des séances, les conseils de M. Moutier.

L'intensité du champ magnétique oscillant employé a varié entre 200000 et 310000 gauss à la seconde et par centimètre carré (c'est-à-dire que dans ces champs il passait en 1 seconde et par centimètre carré de la section droite de la cage de 200000 et 310000 unités C. G. S. de champ magnétique).

Ces malades n'ont été soumis à aucune médication adjuvante, ni à aucun régime spécial; je me suis contenté de leur interdire l'usage de la viande au repas du soir, et celui de l'alcool. Je ne suis pas sûr d'avoir toujours été bien obéi.

On voit que pour 18 de ces malades l'abaissement obtenu par une seule série de séances s'est maintenu jusqu'à la fin de 1908, c'est-à-dire pendant environ 18 mois, sans qu'il ait été nécessaire d'intervenir de nouveau.

Pour 9 autres, la tension s'est relevée depuis la fin de la première série d'applications et a nécessité une nouvelle intervention électrique. Ce relèvement de la tension s'est produit à des époques très différentes : 3, 9 et 12 mois après la fin de la première série de d'Arsonvalisations. Ce relèvement n'a jamais été bien considérable et a cédé à un nombre très restreint de nouvelles séances (de 1 à 4).

Ces relèvements peuvent être attribués à deux ordres de phénomènes distincts : pour les uns à un surcroît de travail intellectuel, de préoccupations ou de chagrins. Par exemple, dans l'observation 23, la tension 20 a été observée à la suite d'une grande douleur morale causée par la perte d'une enfant très chère; dans les observations 4 et 5, c'est à la suite de grosses et persistantes préoccupations financières que les tensions 21 et 19 ont été constatées; pour les observations 8, 20 et 26, les relèvements de la tension ont suivi une assez longue période de surcroît de travail intellectuel.

Je n'ai jamais constaté que des écarts de régime, même importants, aient amené une augmentation de la tension artérielle, du moment qu'ils ne causaient aucun trouble intestinal. Au contraire, chaque fois que ces écarts de régime ramenaient ou produisaient de la constipation (obs. 6 et 10), ils ramenaient, en même temps, une élévation de la tension artérielle.

En résumé, comme l'a annoncé M. Moutier, la détente produite par la d'Arsonvalisation est en général durable et persiste tant que les détendus se maintiennent dans de bonnes conditions d'hygiène physique, morale et intellectuelle.

CHIRURGIE EXPÉRIMENTALE. — *Résultats immédiats et résultats éloignés de la suture artério-veineuse.* Note de M. **Albert Frouin**, présentée par M. Dastre.

En 1904 (¹) j'ai présenté au Congrès de Physiologie de Bruxelles 3 chiens chez lesquels j'avais suturé, 5 semaines auparavant, les deux bouts de la carotide gauche préalablement sectionnée. Les pièces ont été enlevées devant les membres du Congrès, qui ont pu constater la perméabilité des vaisseaux. J'ai fait ces sutures au moyen de points perforants; c'est le procédé qui, jusqu'à cette époque, avait été le moins employé.

Dans la *Presse médicale* (30 décembre 1905), un expérimentateur, Carrel, annonçait qu'il avait fait, en collaboration avec Guthrie, treize anastomoses artério-veineuses qui toutes avaient été couronnées de succès. Il semble que les expériences de ces auteurs aient été entreprises pour montrer la possibilité de l'opération pour elle-même, de la suture artério-veineuse.

(¹) A. Frouin, *Sur la suture des artères* (*démonstration*) (*Arch. internat. de Physiol.*, t. II, p. 83).

Les sutures artério-veineuses que j'ai réalisées avaient un but. C'était, d'une part, d'étudier les résultats de l'interversion fonctionnelle des vaisseaux dans certains organes; d'autre part, d'étudier l'influence de l'augmentation de la pression veineuse sur le fonctionnement du cœur et sur la circulation générale. Pour ce dernier objet, j'ai sectionné les carotides, lié les bouts périphériques, et implanté le bout central de chaque artère dans la jugulaire. La plus grande partie du sang retournait donc dans l'oreillette droite avec une grande vitesse et sous une forte pression. Je ne parlerai pas aujourd'hui de cette catégorie d'expériences.

Pour étudier les conséquences de l'interversion fonctionnelle des vaisseaux, j'ai expérimenté sur des organes à territoire vasculaire limité : le cerveau et le rein. Je ne rapporterai dans cette Note que les résultats immédiats et les résultats à longue échéance des expériences faites sur le cerveau.

Résultats immédiats. — J'ai sectionné la carotide primitive et la jugulaire du côté gauche, puis j'ai anastomosé le bout central de la carotide avec le bout périphérique de la veine, et le bout périphérique de la carotide avec le bout central de la jugulaire. Huit jours après, j'ai répété la même opération sur la carotide et la jugulaire du côté droit ; de plus, j'ai lié les deux vertébrales. Dans ces conditions, le cerveau et tous les organes de la tête recevaient du sang artériel par le bout périphérique de la jugulaire anastomosé au bout central de la carotide; tandis que le sang veineux retournait au cœur droit par le bout périphérique de l'artère anastomosé avec le bout central de la veine. Les animaux supportent bien ces opérations ; ils ne présentent qu'un œdème passager. Cet œdème est déjà très apparent au bout de 12-15 heures : il augmente pendant 48-72 heures, puis disparaît en 5 ou 6 jours. Au bout d'un mois, j'ai dénudé les vaisseaux anastomosés ; j'ai constaté que le sang artériel circulait réellement dans le bout périphérique de la jugulaire.

J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. le professeur François Franck, prendre le tracé du pouls artériel sur l'artère et sur la veine. Ces deux tracés sont tout à fait semblables.

Cependant, il s'était établi une circulation artérielle collatérale. En effet, la ligature des deux jugulaires dans la partie qui reçoit le sang artériel ne provoque aucun trouble chez ces animaux auxquels on avair lié les deux vertébrales un mois auparavant.

Pour éviter l'influence des circulations collatérales, j'ai fait toutes ces opérations en un seul temps. Dans ces conditions, l'animal ne survit que pendant 8 à 10 heures. La mort n'est pas due à un arrêt de la circulation : elle est causée par l'œdème qui se produit après la suture artério-veineuse et qui s'oppose à la nutrition des tissus. Dans cette expérience, la survie de l'animal pendant 8 à 10 heures prouve qu'il y a bien interversion fonctionnelle des artères et des veines. J'ai montré que cette interversion fonctionnelle est immédiate ([1]). En effet, si, chez les animaux opérés en un

([1]) *Société de Biologie,* 27 juin 1908, p. 1166.

seul temps, on place des ligatures temporaires sur les deux jugulaires qui reçoivent le sang artériel, les animaux présentent des troubles symptomatiques au bout de 45 secondes. Ces symptômes disparaissent immédiatement après l'enlèvement des ligatures. Si l'on place des ligatures définitives sur les deux jugulaires qui reçoivent le sang artériel, la mort survient en 4 ou 5 minutes.

La démonstration de l'interversion fonctionnelle des vaisseaux est donc faite, c'est-à-dire qu'à la suite de l'anastomose d'une artère et d'une veine, après section complète, *le sang artériel circule dans la veine du centre vers la périphérie et que cette circulation peut servir à la nutrition des tissus.*

Résultats éloignés. — Sur trois animaux auxquels j'avais fait la suture des deux carotides avec les deux jugulaires et les ligatures des deux vertébrales, j'ai pu sentir le pouls artériel dans les veines jugulaires respectivement pendant 2, 3, et 6 mois après l'opération. Chez les deux premiers animaux, 3 semaines après la disparition du pouls dans la veine, j'ai dénué les vaisseaux anastomosés, j'ai constaté une oblitération de ces vaisseaux sur une longueur de 1^{cm} à 2^{cm} au niveau de l'anastomose. Chez le troisième animal, les pièces ont été enlevées au bout d'une année. L'oblitération existait comme dans les deux cas précédents. Les parois des veines qui reçoivent le sang artériel sont épaissies et sclérosées sur une certaine longueur.

Les faits que je viens de rapporter établissent que le système veineux peut, en quelque sorte, remplacer mécaniquement et fonctionnellement, pendant un certain temps, le système artériel.

La possibilité d'anastomoser les veines avec les artères peut faire envisager des applications pratiques, parmi lesquelles j'ai cité le remplacement d'un segment artériel par un segment veineux dans le cas d'anévrysme, d'artérite limitée ou d'arrachement artériel. Expérimentalement la transplantation d'un segment veineux à la place d'un segment artériel a donné d'excellents résultats immédiats. Au bout de quelques jours ou de quelques semaines, on constate que la réunion est parfaite, que le vaisseau est perméable. Les parois de la veine transplantée se sont épaissies, la veine semble s'être artérialisée et adaptée à sa nouvelle fonction.

Cet épaississement s'est produit sans doute sous l'influence d'une irritation continue due à la pression sanguine. Il est probable que cet épaississement des parois veineuses continuera tant que subsistera la cause qui l'a provoqué, c'est-à-dire tant que se manifestera l'effet de la pression sanguine.

Des expériences en cours ainsi que l'étude histologique de la paroi veineuse me permettront, je l'espère, de montrer le mécanisme de l'épaississement des parois et de l'oblitération des vaisseaux. Mais on peut déjà affirmer que les résultats fonctionnels de la suture artério-veineuse sont différents suivant qu'ils sont envisagés à brève ou à longue échéance.

Bien que cela paraisse paradoxal, on peut dire que l'obturation définitive du segment veineux transplanté à la place d'un segment artériel *ne diminue en rien les applications pratiques qu'on est en droit d'attendre de cette méthode*. En effet, l'oblitération du segment veineux transplanté ne se produit que lentement et cette lenteur permet aux circulations collatérales de s'établir.

ZOOLOGIE. — *Sur les cristaux de la Blatte*. Note de M. P. Hallez, présentée par M. Yves Delage.

On sait depuis longtemps que, dans les glandes sébifiques de la Blatte, se forment des cristaux qui, cimentés et disposés en deux ou trois strates superposés, forment la mosaïque de l'oothèque de la Blatte. Dans une Note récente (*Comptes rendus*, 28 décembre 1908), M. L. Bordas dit que ce sont des *octaèdres de carbonate de chaux* et il établit leur nature chimique sur les deux observations suivantes : 1° les glandes sébifiques donnent, après dessiccation, un abondant dégagement d'acide carbonique par l'acide chlorhydrique; 2° après calcination destinée à détruire la matière organique, le résidu est entièrement soluble dans l'acide azotique et la solution, traitée par l'oxalate d'ammonium en solution acétique, donne un abondant précipité d'oxalate de calcium.

En soumettant, sous le microscope, ces cristaux à l'action de divers réactifs, on peut s'assurer qu'ils sont solubles dans la potasse, solubles *sans dégagement gazeux* dans les acides chlorhydrique et azotique, insolubles dans l'acide acétique. Ces réactions démontrent qu'ils sont formés d'oxalate de calcium. Si, après dessiccation, il y a dégagement d'acide carbonique, c'est que l'oxalate s'est décomposé au contact des matières organiques.

Les cristaux de la Blatte sont donc formés d'oxalate de calcium. On peut même affirmer que c'est de l'oxalate à 6^{mol} d'eau de cristallisation. On sait en effet que ce corps est dimorphe, qu'il cristallise dans le système clinorhombique quand il contient 2^{mol} d'eau, et dans le système quadratique quand il en contient 6^{mol}. Or les cristaux de la Blatte sont des octaèdres quadratiques très obtus qui présentent constamment, sur les arêtes latérales, quatre petites facettes du prisme quadratique. Cela se voit très bien en faisant rouler les cristaux sous le microscope. Entre les prismes de Nicol, ces petits cristaux présentent deux extinctions. Les groupements de cristaux par deux, trois, quatre ou six ne sont pas rares; ils sont parfois maclés et présentent alors l'aspect d'une étoile à huit branches. Les groupements par

six donnent l'impression d'une étoile à six branches. Lorsqu'on les traite par un acide, on remarque, après dissolution, une petite membrane mince qui les revêtait. Dans les cas de groupement des cristaux, il n'y a qu'une seule enveloppe pour tout le groupe. Cette membrane est un reste de la substance organique qui remplit les tubes à cristaux.

Je n'ai pas pu trouver d'oxalates dans les tubes de Malpighi de la Blatte, tandis que cette forme d'excrétion s'observe fréquemment chez d'autres Insectes.

ZOOLOGIE. — *Sur les divers types de stolons chez les Syllidiens, spécialement sur une nouvelle espèce* (Syllis cirropunctata, *n. sp.*) *à stolon acéphale, et sur la réobservation du stolon tétracère de* Syllis amica *Quatref.* Note de M. **Aug. Michel**, présentée par M. Henneguy.

A la Station zoologique de Naples, l'élevage de Syllidiens m'a fourni quelques observations nouvelles ou complémentaires sur les stolons, dont les divers types gradués ont d'ailleurs trouvé des représentants parmi les espèces rencontrées.

1° *Stolon acéphale.* — Outre le stolon acéphale, jadis découvert à l'état de liberté par Albert (¹) à Naples (où je l'ai moi-même revu, après de Saint-Joseph pour la Manche) chez *Syllis* (*Haplosyllis*) *hamata* Cl., j'ai trouvé dans la baie, entre la Station et Pausilippe, une espèce non encore décrite, il me semble, qui fournit un nouvel exemple (²) de stolon acéphale et pourvu (comme dans l'espèce précédente) d'une tache oculiforme sur les côtés de chacun de ses anneaux. Je me borne ici à indiquer les caractères principaux de ce type, pour lequel je propose le nom de *Syllis* (*Typosyllis*) *cirropunctata* n. sp.

Environ $1^{cm},5$. Gris jaunâtre; une bande moyenne foncée, plus ou moins interrompue en une tache au milieu et une tache de chaque côté; de plus une ligne à la limite des

(¹) Albert (*Mittheil. Z. St. Neapel,* t. VII, 1886-1887) nomme cette espèce *H. spongicola* Gr., parce qu'il identifie *H. hamata* Cl. à soies simples avec l'espèce plus ancienne de Grube, *S. spongicola*, malgré l'indication (? erronée) par cet auteur de soies composées aux derniers anneaux.

(²) Pruvot (*Comptes rendus,* t. CVIII, 1889 et t. CXXXIV, 1902) fait allusion à une *Syllis* (*Typosyllis*) « *densa* » à stolon acéphale, paucisegmenté, dépourvu lui-même de produits génitaux; mais cette espèce n'a pas été autrement décrite. D'autre part, la forme trapue, qu'indique son nom, ne répond pas à mon espèce.

anneaux; toutes ces taches s'atténuant vers la partie postérieure du corps; ventralement, de chaque côté, des dessins orangés (probablement néphridies) en un arc et, à la base des parapodes, une tache; les cirres dorsaux pointillés de petites taches noires, transversales et rectangulaires. Soies à serpe pectinée et unidentée; les soies les plus courtes des faisceaux à serpe plus courte et plus crochue. Les quatre yeux céphaliques disposés en ligne droite. Trompe à dent tout à fait antérieure. Proventricule dans les segments 9 à 15, avec 30-35 rangées. — Stolon, d'abord rougeâtre en un réseau, puis pourpre, enfin très foncé, ordinairement violet; des taches oculiformes à la plupart des anneaux sur un mamelon de la base de chaque parapode; les longues soies capillaires dorsales formées, il frétille et enfin se libère à l'état acéphale.

Le stolon n'a que peu de segments (7 à 16, d'après une quinzaine de stolons observés); il est formé de la queue régénérée à la suite d'une stolonisation antérieure, à laquelle s'ajoute dans la moitié des cas 1 à 3 anneaux anciens acquérant aussi longues soies et taches oculiformes. La séparation du stolon est hâtive : le régénérat, encore jeune et transparent, ordinairement en 1 ou 2 jours mûrit, c'est-à-dire se colore et acquiert de longues soies et des taches, puis rapidement devient très foncé, se détache et se détruit, de manière que souvent sa phase définitive et libre échappe à l'observation. Les produits génitaux sont surtout dans la souche, ouverte par la séparation du stolon; ceux-ci ne sont cependant pas toujours inutiles en eux-mêmes, car j'en ai vu éliminer des œufs. Sur cette espèce, j'ai pu suivre en élevage la production successive des stolons par la même souche.

2° *Stolon tétraglène*, la tête n'étant encore représentée que par deux tubercules bioculifères. *Trypanosyllis zebra* : simple confirmation des caractères connus.

3° *Stolon dicère* (type *Chætosyllis*), la tête portant, outre les tubercules oculifères, une paire d'antennes latérales. Chez *Syllis* (*Typosyllis*) *vittata* j'ai suivi en élevage des successions de stolons aux dépens de la même souche, et j'ai vu la stolonisation apparaître même sur des fragments postérieurs ou moyens obtenus par sectionnement. Le stolon a ordinairement une vingtaine de segments (écarts observés 14 à 26), dus partie à la régénération caudale à la suite d'une stolonisation antérieure, partie à des anneaux anciens, en sorte que chaque stolonisation raccourcit la souche. Chez *Syllis* (*Typosyllis*) *prolifera* j'indiquerai seulement que l'antenne latérale du stolon est bien, suivant la règle, composée d'articles, après être passée par une forme simple, ce qui explique sans doute que cet état multiarticulé ait été ici contesté.

4° *Stolon tétracère*, la tête étant presque complète avec ses yeux, ses antennes latérales, ses palpes. La *Syllis* (*Typosyllis*) *amica* Quatref., chez laquelle de Quatrefages a découvert jadis la stolonisation, présente ce type,

que le nom de cette espèce sert à désigner; mais ce stolon n'a pas été, que je sache, revu depuis. Or, j'ai trouvé à Naples, relativement en abondance, surtout pour le sexe mâle, un Syllidien à stolon tétracère se faisant remarquer par le contraste chez le mâle de ce stolon rouge vif avec la souche d'un vert foncé plus ou moins brunâtre ; la comparaison avec les trois exemplaires types de de Quatrefages, dans la collection du Muséum, me porte à identifier avec la *Syllis amica* [1] mon espèce dont je donnerai cependant ici quelques caractères.

2^{cm}-3^{cm},5. Antérieurement jaunâtre ou rougeâtre, mais la plus grande partie vert foncé plus ou moins brunâtre grâce à l'intestin, sans dessins. Palpes assez longs, coalescents à la base, un peu écartés vers l'extrémité. Cirres dorsaux coniques, assez raides, diminuant en arrière, à vermicules très apparents. Soies à serpe pectinée et unidentée. Trompe jaunâtre grêle, à dent très antérieure. Proventricule dans les anneaux 11 à 15, avec une trentaine de rangées. Stolon : 0^{cm},5, rouge vif chez le mâle, vert foncé chez la femelle ; tétracère : antennes latérales et palpes ; soies capillaires commençant au deuxième sétigère.

La *Syllis vivipara* peut aussi exceptionnellement former un stolon (sans cesser d'être vivipare) : cela résulte de l'observation, depuis la publication de ma Note sur cette espèce (*Comptes rendus*, 21 décembre 1908), d'un individu du reste unique parmi ceux que j'ai pu récolter. Le cas habituel, mais non plus exclusif, est donc toujours celui de la sortie, par simple désagrégation de la partie postérieure, des larves se disséminant elles-mêmes, sans formation stoloniale préalable.

BIOLOGIE. — *Sur les cycles évolutifs d'un Scyphistome.* Note de M. **Edgard Hérouard**, présentée par M. Yves Delage.

Le Scyphistome d'origine inconnue que j'ai signalé à l'Académie le 14 décembre 1908 sous le nom de *Tæniolhydra* vivait dans l'aquarium de

[1] Cette identification n'est cependant pas certaine : à part le dessin de la tête du stolon, la description de de Quatrefages est très vague et ne pourrait guère compter sans les exemplaires du Muséum qui eux-mêmes sont très vieux ; cependant sur ceux-ci je reconnais quelques caractères de mon espèce, notamment la forme assez spéciale des cirres et, pour le reste, je ne vois pas de flagrant désaccord. Peu d'auteurs ont parlé de cette espèce. Mac Intosh (*Brit. Annelids*) identifie *Syllis amica* avec *Syllis armillaris* O.-F. Müller; mais, outre plusieurs divergences de sa description, au moins avec les exemplaires que j'ai observés vivants, il indique et figure comme stolon la forme *Joida*, forme pentacère à antenne médiane, qui ne convient au stolon ni de *Syllis amica* Quatref., ni de mes exemplaires.

Roscoff depuis quatre années sans éphyruler, mais en formant des kystes contenant une blastula tout à fait comparable à ce que Korotneff et Brauer ont fait connaître pour les œufs de l'Hydre d'eau douce. Ces kystes ouverts donnaient naissance à des embryons polypoïdes semblables aux Polypes ovariens des Méduses, car ils ne présentaient au début de leur développement que deux tentacules primaires, contrairement aux polypes de bourgeons nus qui forment toujours simultanément leurs quatre premiers tentacules. Comme, d'après ce que l'on connaissait jusqu'ici, aucun Scyphistome ne passait une aussi longue période sans éphyruler et que d'autre part des kystes de ce genre n'avaient été signalés chez aucune forme connue, il paraissait légitime de conclure, qu'on était en présence d'une forme nouvelle présentant un développement cœnogénétique, chez laquelle la maturité sexuelle native se manifestait avant que le Polype ait eu le temps de former son strobile.

De nouvelles observations m'ont permis de constater que *Tæniolhydra* n'est pas un genre nouveau, mais représente un cycle évolutif inconnu jusqu'ici, correspondant à un régime d'inanition et s'intercalant dans le cycle évolutif normal des Acraspèdes.

Les Polypes observés dans l'aquarium depuis 1904 trouvaient depuis cette époque, dans l'eau courante desservant les bacs où ils vivaient, une alimentation qui leur convenait et que l'on pouvait croire suffisante, puisqu'ils se multipliaient dans ce bac depuis plusieurs années : aussi, afin de les conserver dans leurs conditions normales, j'avais pris soin que ces conditions, qui leur semblaient favorables, soient respectées. Cependant, à la suite des travaux importants qui ont été faits dans l'aquarium de Roscoff pendant l'hiver 1907-1908, les tuyaux d'adduction d'eau ayant été déplacés et remis à neuf, la riche faune d'animaux sédentaires qui s'était développée dans leur intérieur et qui en obstruait presque la lumière avait disparu, et les qualités nutritives de l'eau d'adduction en furent très sensiblement modifiées. Aussi au printemps de 1908, époque à laquelle les Polypes rentrent d'ordinaire dans leur période d'activité, je m'aperçus qu'ils dépérissaient et que leur bourgeonnement était considérablement ralenti, et, dans la crainte de les voir disparaître, je résolus de les nourrir artificiellement.

Après divers essais, je choisis comme matière nutritive l'ovaire de *Strongylocentrotus lividus* et, 6 jours après, les individus soumis à ce traitement se mirent à bourgeonner activement. Mais leur activité ne s'arrêta pas à ce bourgeonnement intensif, car, à la fin de décembre 1908 et au commencement de 1909, les individus qui avaient été suralimentés pendant le mois d'août formèrent un rouleau médusaire et émirent des éphyras.

Il est à remarquer qu'un individu bourgeonné le 20 août finissait de libérer sa dernière éphyra le 26 décembre, c'est-à-dire 4 mois seulement après sa naissance, et sans avoir produit aucun bourgeon.

Le pouvoir de strobilisation n'est donc pas la propriété exclusive des

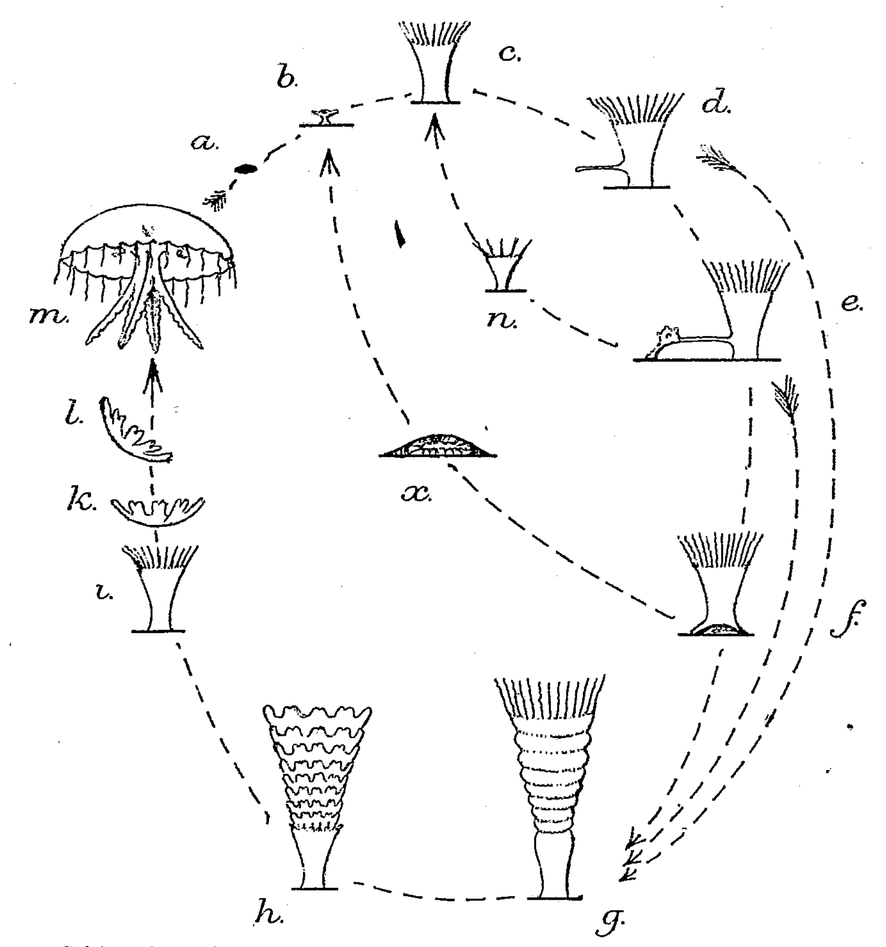


Fig. 1. — Schéma des cycles évolutifs : *a*, *b*, *c*, ..., *l*, *m*, cycle éphyrien; *n*, cycle asexué à bourgeonnement nu; *x*, cycle *Tæniolhydra* à bourgeonnement enkysté; *a*, planula; *b*, polype à deux tentatules; *c*, Polype; *d*, stade d'arpentage; *e*, bourgeonnement nu; *f*, polype formateur de statoblaste; *g*, strobile; *h*, rouleau éphyrien; *i*, souche libérée de ses éphyras; *k*, *l*, éphyras libres; *m*, Méduse; *n*, bourgeon nu; *x*, statoblaste.

Polypes âgés et peut exister chez les individus n'ayant pas fourni de générations asexuées. *Tæniolhydra* représente donc, suivant toute probabilité, un cycle asexué à développement lent pouvant être opposé au cycle du bourgeonnement nu qui est un cycle asexué à développement rapide.

La figure ci-dessus résume l'ensemble du développement et montre l'exis-

tence des trois cycles évolutifs distincts. Deux de ces cycles se rapportent à la reproduction asexuée et s'accomplissent sans que l'animal quitte sa forme larvaire : le premier (*c*, *d*, *e*, *n*) est le cycle du bourgeonnement nu et le second (*b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *x*) le cycle *Tæniolhydra*, formateur de statoblastes. Le troisième cycle (*a*, *b*, *c*, ..., *m*), ou cycle éphyrien, se rapporte à la reproduction sexuée : au cours de ce cycle, le polype s'allonge en rouleau, se coupe transversalement en disques successifs (*h*) bordés de huit lobes bifurqués (éphyra) (*k*, *l*). Ces disques éphyriens se transforment successivement en Méduses sexuées (*m*), dont les œufs donnent un Polype à deux tentacules primaires comme le Polype statoblastique du cycle *Tæniolhydra*.

Les cycles asexués présentent une individualité suffisante pour pouvoir se continuer, au moins pendant plusieurs années consécutives, sans que le cycle sexué apparaisse. L'influence des saisons sur l'apparition du cycle sexué est dominée par le régime nutritif auquel le Polype est soumis. Quatre années consécutives d'un régime d'inanition ne suffisent pas pour faire perdre au Polype sa force latente de strobilisation.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de la houille à Gironcourt-sur-Vraine (Vosges).* Note de M. **René Nicklès**, présentée par M. Zeiller.

Il a déjà été rendu compte à l'Académie des Sciences, en 1905, des résultats obtenus dans les sondages de recherche du prolongement en Meurthe-et-Moselle du bassin houiller de Sarrebrück. Un nouveau sondage (1) entrepris par le Syndicat vosgien de recherches minières sur l'initiative de MM. Jean Buffet et Victor Sepulchre, sondage situé, non plus sur le prolongement de l'anticlinal de Sarrebrück, mais sur le flanc Sud du synclinal de Sarreguemines, a traversé à Gironcourt-sur-Vraine (Vosges), à 15km à l'Ouest de Mirecourt, deux couches de houille aux profondeurs de 700m et 823m. La première constatation (8 décembre 1908) effectuée par MM. Vaudeville et Guillaume, Ingénieurs au Corps des Mines à Nancy, a fait connaître l'existence d'une couche de houille de 0m,70 à la profondeur de 700m. L'analyse de la houille extraite a donné 32 pour 100 de matières volatiles. Cette houille vient donc se classer parmi les charbons gras; elle donne un coke

(1) Je prie MM. Jean Buffet et Victor Sepulchre, gérants du Syndicat vosgien de recherches minières, d'agréer mes remercîments sincères pour m'avoir autorisé à publier les résultats de ce sondage.

dur à éclat métallique : il est permis d'espérer qu'elle pourrait être utilisée pour la fabrication du coke métallurgique. La deuxième constatation (23 janvier 1909) a révélé l'existence d'une couche composée de deux bancs de charbon de $0^m,40$ et $0^m,20$ séparés par un banc de schistes de $0^m,40$.

La coupe des morts-terrains traversés par le sondage est la suivante :

	mètres
Sinémurien et Hettangien	20
Rhétien	30
Marnes irisées	144
Muschelkalk calcaire	120
Muschelkak marneux	44
Grès bigarré	54
Grès vosgien	108
Permien	162

Il est possible que les dernières assises traversées et attribuées ici à la base du Permien viennent un jour se placer dans le Houiller.

Au-dessous, le terrain houiller, traversé jusqu'à présent sur une épaisseur de 160^m, présente une analogie des plus grandes avec l'assise d'Ottweiler reconnue au sondage d'Abaucourt près de Nomeny : on pourrait presque dire qu'il lui est identique d'aspect. Comme à Abaucourt et à Mont-sur-Meurthe il est constitué par des schistes argileux tantôt rouge brun, tantôt gris noir; il présente, comme dans ces deux sondages, des intercalations importantes de grès feldspathiques gris clair ou même presque blancs.

Bien que la rareté et la mauvaise conservation des empreintes végétales ne permettent pas de fixer l'âge d'une façon positive, on peut cependant sans témérité considérer ces couches comme appartenant à l'étage d'Ottweiler.

La découverte de la houille à Gironcourt peut être grosse de conséquences au point de vue industriel, si, ce qui est encore nécessaire, de nouveaux sondages viennent révéler de nouvelles couches exploitables. Bien que je n'aie pas eu à donner d'avis sur l'emplacement de ce sondage, dont l'exécution avait été décidée dès le mois de janvier 1906, le choix de cet emplacement étant commandé par diverses considérations, je me permets de rappeler qu'en 1902 j'avais signalé l'existence de la houille comme possible au Nord de l'anticlinal des Faucilles [1]; je considérais en effet

[1] *De l'existence de la houille en Meurthe-et-Moselle, et des points où il faut la chercher*, 1902, p. 20 et 21. Nancy, Jacques.

tout le géosynclinal comme devant renfermer du Houiller dans sa profondeur. Mon opinion à ce sujet n'a jamais varié et j'ai, depuis, entrepris en détail l'étude de la tectonique de cette région. J'en ai dressé au 50 000e la Carte topographique souterraine rapportée à la surface supérieure du Rhétien, représentée par ses courbes de niveau à 5m d'équidistance. Cette Carte montre l'existence de dômes et de cuvettes aussi nets que fréquents : la région est, de plus, sillonnée par des failles importantes et assez nombreuses. Mon impression est aussi plus favorable au sujet de l'épaisseur des morts-terrains. Dans la coupe du sondage de Gironcourt le Grès vosgien n'a que 108m et le Permien 162m et peut-être moins. J'avais sensiblement prévu ces épaisseurs : dans une lettre adressée le 11 février 1908 à M. Jean Buffet, j'avais, me basant sur l'accroissement du coefficient de sédimentation, évalué de 50m à 100m l'épaisseur du Grès vosgien qui, aux affleurements, n'a que de 0m à 18m de puissance. Quant au Permien, dont rien ne pouvait faire présumer l'absence ou la présence (1), j'avais évalué son épaisseur possible de 0m à 200m, me basant, dans le cas de son existence, sur l'opinion émise par M. van Wervecke que cet étage diminue de l'Est à l'Ouest : le sondage en a traversé 162m. Si l'on compare ces chiffres aux épaisseurs constatées à Mont-sur-Meurthe, soit pour le Grès vosgien 320m et pour le Permien 700m environ, on remarque, pour la distance à vol d'oiseau de 50km, une diminution considérable, des deux tiers pour le Grès vosgien et de plus des trois quarts pour le Permien.

Ainsi que je l'ai dit, il s'agit ici du prolongement vers l'Ouest du synclinal de Sarreguemines où, à ma connaissance, aucune tentative de recherche de houille n'a jusqu'à présent atteint le Houiller, sauf le sondage de Mont-sur-Meurthe qui l'a rencontré vers 1200m (couches d'Ottweiler) avec veinule de houille non exploitable. Si la continuation du sondage de Gironcourt et des sondages nouveaux viennent révéler de nouvelles couches exploitables, on peut espérer, en raison de la diminution du Grès vosgien et du Permien, voir se créer des exploitations houillères à l'Ouest de la vallée de la Moselle jusqu'aux limites de la Haute-Marne. Il semble au contraire qu'en raison de la grande épaisseur de ces étages à l'Est, et de la profondeur trop grande du Houiller, la région de Mont-sur-Meurthe, Lunéville, Rambervillers doive, sauf peut-être en quelques rares points de la lisière méridionale, rester encore longtemps inaccessible.

Enfin, si l'étage de Sarrebrück se prolonge jusqu'au flanc Sud du syn-

(1) Le Permien n'existe pas près d'Epinal : le Trias y repose sur la granulite.

clinal de Sarreguemines et si les indications fournies par les plissements posthumes ne sont pas faussées, on pourrait espérer atteindre cet étage à moins de 700^{m} au Sud de Gironcourt, entre Gironcourt et la région de Vittel. Le relèvement des terrains secondaires vers le Sud semble l'indiquer nettement. Dans le cas où, par suite d'une transgression de l'étage d'Ottweiler, les couches de Sarrebrück n'existeraient pas sous Gironcourt, c'est, d'une façon générale, au Nord ou au Nord-Ouest, en se rapprochant légèrement de l'axe du synclinal, qu'on pourrait peut-être les recouper, malheureusement à une profondeur beaucoup plus grande.

M. J. Chaudier adresse une Note intitulée : *Sur la biréfringence des électrolytes et la structure des ions.*

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 18 janvier 1909.

Skrifter af Carl von Linné, utgifna af Kungl. Svenska Vetenskapsakademien; IV. *Valda smärre skrifter af Botaniskt innehall;* I. Upsal, Almqvist et Wiksells, 1908; 1 vol. in-8°.

Traité de Mécanique rationnelle, par Paul Appell, Membre de l'Institut; 2e édition, entièrement refondue. Tome III. *Équilibre et mouvement des milieux continus;* avec une *Note* de MM. E. et F. Cosserat : *Sur l'action euclidienne.* Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente (1884-1908), von Emil Fischer. Berlin, Julius Springer, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Les Lépidoptères psychides et leurs plantes protectrices, par M. J. Künckel d'Herculais. (Extrait du *Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle;* 1905, n° 4.) 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. E. Perrier. Hommage de l'auteur.)

Histoire d'un Lépidoptère de la famille du Psychides, le Chalia Künckelii *Hey-*

laerts, et son parasite Hyménoptère de la famille des Chalcidies, le Monodontomerus Phormio *Walker,* par MM. J. Künckel d'Herculais et F.-J.-M. Heylaerts. (Extr. des *Nouvelles Archives du Muséum,* 4e série, t. X.) 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. E. Perrier. Hommage de M. J. Künckel d'Herculais.)

L'homme préhistorique, Revue mensuelle illustrée d'Archéologie et d'Anthropologie préhistorique, publiée sous la direction de MM. Chervin et A. de Mortillet; 7e année, n° 1, 1er janvier 1909. Paris, Schleicher frères; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Recueil des actes officiels et documents intéressant l'Hygiène publique. Travaux du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France; t. XXXVII, année 1907. Publié par le Ministère de l'Intérieur, 1908; 1 vol. in-8°.

Le Marquenterre, monographie de Quend, par Alfred Dufételle. Abbeville, 1907; 1 vol. in-8°.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de la Société de Biologie; t. LXVI, n° 1, 15 janvier 1909. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Ergebnisse der Arbeiten des königlichpreussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg im Jahre 1907; Band III, mit vier Textfiguren, herausgegeben von Dr Richard Assmann, Director. Brunswick, Friedrich Vieweg et fils, 1908; 1 fasc. in-4°.

Relaciones geograficas de la Gobernacion de Venezuela (1767-1768), con Prologo, y Notas de D. Angel de Altolaguirre y Duvale. Madrid, 1909; 1 vol. in-8°.

États-Unis du Brésil. Carte politique, organisée par la Mission brésilienne de propagande et d'expansion économique. Paris, 1909; 1 feuille in-plano, pliée in-8°.

Estados Unidos do Brazil. Carte économique du Brézil, organisée par la Mission de propagande et d'expansion économique. Paris, 1908; 1 feuille in-plano, pliée in-8°.

Geologische Karte der Schweiz : Nr 45 : *Karte der Umgebung von Aarau,* 1 : 25000 von F. Mühlberg. Nr 49 : *Karte des Blauenberges bei Basel,* in 1 : 25000, von E. Greppin. — Nr 52 : *Carte géologique du Massif de la Dent Blanche* (moitié septentrionale), par Émile Argand. Cartes publiées par la Commission géologique de la Suisse, en 1908. 3 feuilles.

Ouvrages reçus dans la séance du 25 janvier 1909.

Université de Paris. Fondation R. Bischoffsheim. *Annales de l'Observatoire de Nice,* publiées sous la direction de M. le Général Bassot, Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Directeur de l'Observatoire; t. XI, t. XIII, 1er fasc. Paris, Gauthier-Villars, 1908; 1 vol. et 1 fasc. in-4°. (Présenté en hommage par M. le Général Bassot.)

I primordî dell'Astronomia presso i Babilonesi, per Giovanni Schiaparelli. (Extr. de *Revista di Scienza « Scientia »*; vol. III, 2e année, 1908, n° 4.) et *I progressi dell' Astronomia presso i Babilonesi.* (Extr. *Id.;* vol. IV, 2e année, 1908, n° 7.) Bologne, Nicola Zanichelli; 2 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Notice sur les travaux scientifiques de M. LOUIS MANGIN, et *Supplément.* Paris, imp. F. Levé, 1901-1908; 2 fasc. in-4°.

Notice sur les travaux de M. J. COSTANTIN, et *Supplément.* Corbeil, imp. Crété, 1901-1908; 2 fasc. in-4°.

Leçons élémentaires de Microbiologie générale, professées à l'École nationale d'Agriculture et de Médecine vétérinaire du Pérou, par M. EMM. POZZI-ESCOT. Paris, Jules Rousset, 1909; 1 vol. in-8°. (Transmis par M. le Ministre des Affaires étrangères. Hommage de l'auteur.)

Entretiens de M. ALDRICH, *Sénateur, Président, et des Membres de la Commission nationale monétaire des États-Unis, avec M.* GEORGES PALLAIN, *Gouverneur de la Banque de France.* 26 septembre 1908. S. l., 1 fasc. in-8°.

Statistique sanitaire de la France; 2e Partie : *Communes de moins de* 5000 *habitants et France entière;* année 1906, 1re année. Publiée par le Ministère de l'Intérieur, 1907; 1 fasc. in-8°.

Mémoires de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts du département de la Marne; 2e série, t. X, 1906-1907. Châlons-sur-Marne, 1908; 1 vol. in-8°.

Annales de l'Institut national agronomique (École supérieure d'Agriculture); 2e série, t. VII, fasc. 2. Paris, J.-B. Baillière et fils, et Librairie agricole, 1908; 1 vol. in-8°.

Sistema planetario del professore MICHELE TORTORICI, *esame critico* del Comm. FRANCESCO LO FORTE. Caltanissetta, 1908; 1 fasc. in-12.

Klimatographie von Österreich, II. *Klimatographie des österreichischen Küstenlandes;* A. *Triest,* von ED. MAZELLE; herausg. v. d. k. k. Z.-A. f. Met. u. Geodynamik. Vienne, 1908; 1 fasc. in-8.

Fly, a popular aeronautic Magazine; t. I, n° 3, january 1909. Philadelphie; 1 fasc. in-f°.

Zur Lehre von den Zuständen der Materie, von P.-P. VON WEIMARN. Dresde, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Zur Lehre von den kolloiden, amorphen und kristallinischen Zuständen, von P.-P. VON WEIMARN. Dresde, 1907; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

M. le Professeur G. DELITALA fait hommage des 8 opuscules suivants :

Nuove proprietà dei punti notevoli del triangolo (*Periodico di Mat.,* Livorno, t. XVIII, septembre-décembre 1902).

La risoluzione generale del tetragono completo e sue applicazioni (*Il Monitore tecnico,* Milano, octobre 1903, n° 28-29).

La risoluzione generale del problema di Hansen (*L'Ing. civ.,* Torino, 1903, t. XXIX).

Determinazione di una o più stazioni incognite (*L'Ing. civ.,* Torino, 1901, t. XXVII).

Il segmento fisso nel problema di Snellius ampliato in generale (*Il Monitore tecnico,* 1902, t. VIII, nos 21 et suiv.). (*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 FÉVRIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

CORRESPONDANCE.

Sir **William Ramsay**, Président du septième Congrès international de Chimie appliquée, invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

Le plus ancien Traité français d'Algorisme (avec un glossaire et deux facsimilés), par M. Victor Mortet. (Présenté par M. J. Tannery.)

M. **Charles Moureu** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Chimie, par le décès de M. *A. Ditte*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de* 1908. Note de M. **J. Guillaume.**

Les observations de ce trimestre sont au nombre de 48, et les principaux faits qui en résultent se résument ainsi :

Taches. — On a noté 44 groupes avec une surface totale de 3401 millionièmes, contre 65 groupes et 7893 millionièmes précédemment. La cause de cette grande diminution de l'aire tachée trouve son explication dans la présence du maximum secondaire mentionné dans notre précédente Communication (*Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1383).

Deux taches ont atteint la visibilité à l'œil nu :

Novembre.....................	11,5	à +12°	de latitude
Décembre.....................	8,3	+12°	»

mais on remarque, toutefois, que la seconde est la même que la première, ramenée par la rotation du Soleil ([1]).

D'autre part, le disque du Soleil a été noté quatre fois sans taches : les 15, 16 (le 17 pas d'observation), 18 et 19 octobre.

La répartition des taches dans chaque hémisphère est de 23 groupes au Sud au lieu de 38 précédemment, de 21 au Nord au lieu de 27, et leur surface est de 1130 millioniémes au lieu de 4080, d'une part, et de 2271 millioniémes au lieu de 3813, d'autre part.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules enregistrés est de 92 au lieu de 114, et leur surface totale de 100,4 millièmes au lieu de 127,8.

De même que pour les taches, leur nombre est très peu supérieur au sud de l'équateur (49) qu'au nord (43); précédemment on avait, respectivement, 68 et 46 groupes. Mais, par contre, leur surface totale reste plus grande dans l'hémisphère austral, avec 51,6 millièmes au lieu de 76,7, que dans l'autre hémisphère, où l'on a 48,8 millièmes au lieu de 51,1.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre 1908. — 0,17.			
30– 2	3	2,8	−16		33
28– 9	11	3,7	−12		129
9	1	6,3		+7	13
30– 9	9	6,4	−6		263
30– 9	9	6,9		+11	254
13	1	7,6	−18		48
5– 7	3	9,2	−11		6
7–14	5	13,5		+7	21
20	1	23,2		+9	5
24–26	2	24,5	−6		25
20–24	3	26,6		+5	45
27–28	2	28,6	−17		8
	23 j.		−12°,3	+7°,8	
		Novembre. — 0,00.			
28	1	1,4	−2		10
26–31	6	1,6		+8	6
28– 7	7	3,2		+13	46
3–12	5	8,0	−13		140
7–12	3	9,0		+14	74
7–11	3	10,3		+9	69
7–17	4	11,5		+12	698
12–17	2	17,2	−5		7
12–23	5	18,0		+3	39
20	1	18,8	−10		4
17–25	6	19,0		+11	275
		Novembre (suite).			
21	1	22,7	−9		3
25	1	26,5		+0	2
21–24	3	27,3	−2		17
24– 2	3	28,7		+7	12
25– 2	4	28,7	−17		77
24–27	3	30,1		+15	22
	13 j.		−8°,3	+9°,2	
		Décembre. — 0,00.			
2–9	3	6,4	−12		64
2–12	5	8,3		+12	512
9–12	3	9,2		+14	5
9	1	9,2	−15		5
9–12	3	15,2	−4		23
11–16	3	16,0		+11	9
16–18	3	17,3	−9		8
17–18	2	18,3		+12	5
16–22	5	18,7	−10		12
17–22	4	19,2		+7	98
17	1	19,4	−17		5
20–22	2	21,0	−16		34
29	1	24,2	−2		187
22–29	2	25,1	−15		22
29–31	2	30,4		+18	61
	12 j.		−11°,1	+12°,3	

([1]) Cette tache s'est transformée en un petit groupe qui vient de traverser le disque solaire pour la quatrième fois.

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1908.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites
Octobre.....	»	»	»	5	2	7	5	4	1	»	»	»	12	850
Novembre...	»	»	»	2	5	7	10	5	5	»	»	»	17	1501
Décembre...	»	»	»	5	4	9	6	1	5	»	»	»	15	1050
Totaux...	»	»	»	12	11	23	21	10	11	»	»	»	44	3401

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1908.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	3	8	5	16	14	9	5	»	»	»	30	35,6
Novembre...	»	2	3	4	9	18	13	6	7	»	»	»	31	35,1
Décembre...	»	»	2	7	6	15	16	5	10	1	»	»	31	29,7
Totaux...	»	2	8	19	20	49	43	20	22	1	»	»	92	100,4

ASTRONOMIE. — *Observations de la conjonction de Jupiter avec χ Lion* (4,8), *faite à l'équatorial Brünner de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **J. GUILLAUME.**

Dates. 1909.	Temps sidéral.	Observations ♃ — χ Lion Δα.	Δδ.	Nombre de comparaisons.
	h m s	m s	′ ″	
Janvier 27......	10. 8.14	—0.2,82	—2.9,1	4:8
» 27......	10.39.14	—0.3,23	—2.6,1	8:8

Position de l'étoile de comparaison pour 1909,0.

Asc. droite moyenne.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne.	Réduction au jour.	Autorité.
h m s	s			
11.0.19,44	+0,29	+7°.49′.41″,7	—1″,8	*Conn. des Temps.*

Positions apparentes de Jupiter.

Dates. 1909.	Temps moyen de Paris	Ascensions droites apparentes.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaisons apparentes.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Janvier 27.....	13.31.46	11.0.16,91	—8,970	+7.47.30,8	+0,732
»	14. 2.40	11.0.16,50	—8,580	+7.47.33,8	+0,730

La comparaison aux positions de la *Connaissance des Temps* indique les différences :

O — C	
$\Delta\alpha$.	$\Delta\delta$.
s	"
+0,02	+0,8
+0,03	+1,0

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des systèmes linéaires à déterminant gauche.* Note de M. **E. Vessiot**, présentée par M. Émile Picard.

1. Il s'agit des systèmes de la forme

$$(1)\qquad \frac{dx_h}{dt}=\sum_{k=1}^{n}p_{hk}(t)x_k \qquad (p_{hk}+p_{kh}\equiv 0;\ h=1,2,\ldots,n).$$

M. Darboux a donné, dans la séance du 4 janvier dernier, une méthode remarquable pour intégrer (1), dans le cas $n=4$, déjà étudié par M. J. Eiesland et par M. E. Laura [1]. On peut leur appliquer la méthode suivante [2] :

Soient G et H deux groupes holoédriquement isomorphes :

$$(2)\qquad (G)\quad y_h=f_h(x_1,\ldots,x_n;\ a_1,\ldots,a_r)\qquad (h=1,2,\ldots,n),$$

$$(3)\qquad (H)\quad v_k=g_k(u_1,\ldots,u_p;\ a_1,\ldots,a_r)\qquad (k=1,2,\ldots,p),$$

les transformations homologues correspondant aux mêmes systèmes de valeurs des paramètres a. Soient $(X_1, \ldots, X_r)$, $(U_1, \ldots, U_r)$ deux systèmes de transformations infinitésimales de G et H, deux à deux homologues. L'intégration de chacune des équations de Lie

$$(4)\qquad \frac{\partial f}{\partial t}+\sum_{s=1}^{r}\theta_s(t)X_sf=0,$$

$$(5)\qquad \frac{\partial f}{\partial t}+\sum_{s=1}^{r}\theta_s(t)U_sf=0,$$

---

[1] J. Eiesland, *American J. of Math.*, t. XXVIII. — E. Laura, *Atti d. R. A. d. S. di Torino*, t. XLII.

[2] Exposée dans les *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, t. VIII, H, 1894. J'y ai traité en détail le cas de (1), pour $n=3$; et le problème de la recherche des trajectoires orthogonales d'une famille de sphères, qui est de la même nature que le problème de l'intégration de (1), pour $n=4$.

fournit l'intégration de l'autre. Car les solutions principales $(y_1, \ldots, y_n)$ de (4) et $(v_1, \ldots, v_p)$ de (5), qui correspondent à $t = t_0$, se mettent respectivement sous la forme (2) et (3), les a étant alors des fonctions convenablement choisies de t, et ces fonctions a se déterminant sans intégration, par simple identification, quand on connaît l'une des deux solutions principales.

L'intégration d'une équation (4) donnée revient donc à la recherche des isomorphismes du groupe G correspondant, c'est-à-dire à l'étude de sa structure. Dans le cas du système (1), il s'agit du groupe linéaire homogène qui laisse invariante la forme quadratique

$$\sum_{h=1}^{n} x_h^2,$$

groupe dont la structure a été étudiée par Lie, Werner, Killing, Cartan.

2. *Cas* $n = 4$ [1]. — Introduisons les quaternions suivants (unités : ε_1, ε_2, ε_3, 1) :

$$\xi = \varepsilon_1 x_1 + \varepsilon_2 x_2 + \varepsilon_3 x_3 + x_4, \qquad \eta = \varepsilon_1 y_1 + \varepsilon_2 y_2 + \varepsilon_3 y_3 + y_4,$$
$$\alpha = \varepsilon_1 a_1 + \varepsilon_2 a_2 + \varepsilon_3 a_3 + a_4, \qquad \beta = \varepsilon_1 b_1 + \varepsilon_2 b_2 + \varepsilon_3 b_3 + b_4,$$

en supposant égaux à 1 les modules de α et β. On a alors, pour (2) et (3),

$$\text{(G)} \qquad \beta\eta = \xi\alpha \quad \text{ou} \quad \eta = \beta_0\xi\alpha \quad (\beta\beta_0 = 1);$$

$$\text{(H)} \qquad v_1 = \frac{(a_4 + ia_1)u_1 + (ia_2 + a_3)}{(ia_2 - a_3)u_1 + (a_4 - ia_1)}, \qquad v_2 = \frac{(b_4 + ib_1)u_2 + (ib_2 + b_3)}{(ib_2 - ib_3)u_2 + (b_4 - ib_1)}.$$

Puis

$$X_1 = x_3\frac{\partial}{\partial x_2} - x_2\frac{\partial}{\partial x_3} + x_4\frac{\partial}{\partial x_1} - x_1\frac{\partial}{\partial x_4},$$
$$X_4 = x_3\frac{\partial}{\partial x_2} - x_2\frac{\partial}{\partial x_3} - x_4\frac{\partial}{\partial x_1} + x_1\frac{\partial}{\partial x_4},$$

X_2 et X_3 par perm. circ. de x_1, x_2, x_3; X_5 et X_6 par perm. circ. de x_1, x_2, x_3.

$$U_1 = 2iu_1\frac{\partial}{\partial u_1}, \qquad U_2 = i(1 - u_1^2)\frac{\partial}{\partial u_1}, \qquad U_3 = (1 + u_1^2)\frac{\partial}{\partial u_1},$$
$$U_4 = 2iu_2\frac{\partial}{\partial u_2}, \qquad U_5 = i(1 - u_2^2)\frac{\partial}{\partial u_2}, \qquad U_6 = (1 + u_2^2)\frac{\partial}{\partial u_2},$$

---

[1] Nous retrouvons, sous forme plus condensée, des formules équivalentes à celles de M. Darboux. La correspondance que nous utilisons, entre les quaternions et les transformations projectives à une variable, paraît due à Laguerre.

La solution principale de (5) s'obtient, au moyen de deux équations de Riccati (en u_1 et u_2 respectivement), sous la forme

$$v_1 = \frac{A_1 u_1 + A_2}{A_3 u_1 + A_4}, \qquad v_2 = \frac{B_1 u_2 + B_2}{B_3 u_2 + B_4} \qquad (A_1 A_4 - A_2 A_3 = B_1 B_4 - B_2 B_3 = 1);$$

et les fonctions a qui fournissent la solution principale (2) de (4), sont données par

$$2 i a_1 = A_1 - A_4, \quad 2 i a_2 = A_2 + A_3, \quad 2 a_3 = A_2 - A_3, \quad 2 a_4 = A_1 + A_4,$$
$$2 i b_1 = B_1 - B_4, \quad 2 i b_2 = B_2 + B_3, \quad 2 b_3 = B_2 - B_3, \quad 2 b_4 = B_1 + B_4.$$

Cas $n = 3$. — Même solution, en supprimant la variable x_4, et faisant $\beta = \alpha$.

3. *Cas* $n = 6$. — On ramène G à être le groupe de $z_1 z_6 + z_2 z_5 + z_3 z_4$, en posant

$$(6) \quad \begin{cases} x_1 = \frac{1}{2}(z_1 + z_6), & x_2 = \frac{i}{2}(z_1 - z_6), & x_3 = \frac{1}{2}(z_2 + z_5), \\ x_4 = \frac{i}{2}(z_2 - z_5), & x_5 = \frac{1}{2}(z_3 + z_4), & x_6 = \frac{i}{2}(z_3 - z_4). \end{cases}$$

H sera le groupe linéaire homogène spécial à 4 variables.

$$(7) \qquad (\mathrm{H}) \quad v_k = \sum_{s=1}^{4} a_{ks} u_s \qquad (\text{dét.}\, |a_{ks}| = 1;\ k = 1, 2, 3, 4);$$

et l'on obtient les équations correspondantes de G en écrivant les formules de la transformation des coordonnées pluckériennes d'une droite, qui correspond à la transformation (7) des coordonnées homogènes d'un point (u_1, u_2, u_3, u_4). Il n'y a aucune difficulté à former le Tableau des X et des U.

L'intégration de (1) est donc ramenée à celle d'un système linéaire et homogène à 4 variables, pour lequel le déterminant de 4 solutions est constant. On peut, en prenant pour variables les rapports des u, le remplacer par un système projectif à 3 variables, qui peut-être le plus général de cette classe.

Cas $n = 5$. — On ramène à un cas particulier du cas $n = 6$, en introduisant une inconnue x_6, et l'équation $\frac{dx_6}{dt} = 0$. Le groupe G_5 est ainsi considéré comme le sous-groupe de G_6 qui laisse invariante la multiplicité $x_6 = 0$; de sorte que H_5 est le groupe du complexe linéaire de l'espace à 3 dimensions,

représenté en coordonnées homogènes par l'équation

$$u_1\,du_2 - u_2\,du_1 - u_3\,du_4 + u_4\,du_3 = 0.$$

4. *Cas* $n > 6$. — Les réductions ne peuvent plus se faire par des systèmes linéaires (ou projectifs). On obtient les systèmes auxiliaires d'ordre minimum par la projection stéréographique généralisée

$$\frac{u_h}{x_h} = \frac{1}{x_{n-1} + i x_n} = \frac{\frac{1}{2}\left(1 - \sum u_h^2\right)}{x_{n-1}} = \frac{\frac{-i}{2}\left(1 + \sum u_h^2\right)}{x_n} \qquad (h = 1, 2, \ldots, n-2).$$

Le groupe H est ainsi le groupe conforme de l'espace à $n-2$ dimensions. Cela revient au fond à employer, comme l'a fait M. Darboux, les solutions pour lesquelles $\sum_1^n x_k^2 = 0$.

5. L'intégration du système (1) se ramène aussi à celle d'une équation différentielle ordinaire d'ordre n, pour laquelle la somme des carrés des intégrales d'un système fondamental est égale à 1. D'où les relations du problème actuel avec ce problème bien connu. C'est du reste un cas particulier des rapports qui unissent la théorie des systèmes de Lie à diverses autres théories d'intégration, sujet important sur lequel je reviendrai dans un autre travail.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation d'une fonction à variable réelle par une série formée avec les polynomes figurant dans les dérivées successives de la fonction* $e^{-\alpha^2}$. Note [1] de M. **Galbrun**, présentée par M. Painlevé.

La somme $I_{2q}^{a,b}(x)$ définie par l'égalité

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} I_{2q}^{a,b}(x) &= P_0(x)\int_a^b P_0(\alpha)\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha \\ &\quad + \frac{P_1(x)}{2.1!}\int_a^b P_1(\alpha)\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha + \ldots + \frac{P_{2q}(x)}{2^{2q}\,2q!}\int_a^b P_{2q}(\alpha)\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha,\end{aligned}\right.$$

dans laquelle $P_n(x)$ désigne le polynome de degré n figurant dans la déri-

[1] Présentée dans la séance du 18 janvier 1909.

vée $n^{\text{ième}}$ de la fonction e^{-x^2}, peut se mettre sous la forme

$$\mathrm{I}_{2q}^{a,b}(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{2^{4q+1}\,\Gamma\left(\frac{2q+1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{2q+2}{2}\right)} \int_a^b \frac{[\mathrm{P}_{2q}(x)\,\mathrm{P}_{2q+1}(\alpha) - \mathrm{P}_{2q}(\alpha)\,\mathrm{P}_{2q+1}(x)]}{x-\alpha} e^{-\alpha^2}\,d\alpha.$$

En appliquant le théorème de la moyenne à cette intégrale, on démontre que si x est extérieur à l'intervalle (a, b) l'inégalité

$$(2) \qquad |\mathrm{I}_{2q}^{a,b}(x)| < \frac{\mathrm{K}\,e^{x^2}}{|x-\lambda|\,q^{\frac{1}{2}}}$$

est satisfaite, λ étant celle des deux quantités a et b qui est la plus voisine de x et K étant un nombre fini indépendant de x, a, b, q. Si les deux limites de l'intégrale sont respectivement soit x et $+\infty$, soit $-\infty$ et x, la somme (1) tend uniformément vers $\frac{\sqrt{\pi}}{2}$ quand q augmente indéfiniment. L'inégalité (2) permet alors de démontrer que $\mathrm{I}_{2q}^{a,b}(x)$ tend uniformément vers zéro si x est extérieur à l'intervalle a, b quand q augmente indéfiniment; ce même résultat subsiste si l'une des deux limites de l'intervalle est infinie; enfin si la valeur absolue de la différence $x - a$ tend vers zéro comme $q^{-\beta}$, β étant inférieur à $\frac{1}{2}$, la limite de $\mathrm{I}_{2q}^{x,a}(x)$ et de $\mathrm{I}_{2q}^{a,x}(x)$ pour q infini est $\frac{\sqrt{\pi}}{2}$.

Soit une fonction $f(x)$ qui, dans l'intervalle (a, b), n'admet qu'un nombre fini de maxima ou de minima et présente un nombre fini de points de discontinuité en chacun desquels $f(x+h)$ et $f(x-h)$ tendent chacune vers une limite quand h tend vers zéro; en vertu des résultats précédents, on démontre que la série

$$\mathrm{P}_0(x)\int_a^b f(\alpha)\,\mathrm{P}_0(\alpha)\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha$$
$$+\frac{\mathrm{P}_1(x)}{2}\int_a^b f(\alpha)\,\mathrm{P}_1(\alpha)\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha + \ldots + \frac{\mathrm{P}_n(x)}{2^n\,n\,!}\int_a^b f(\alpha)\,\mathrm{P}_n(\alpha)\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha + \ldots$$

a une somme nulle si x est extérieur à l'intervalle (a, b); cette somme est égale à $\frac{\sqrt{\pi}}{2}f(a)$ si x est égal à a, à $\frac{\sqrt{\pi}}{2}f(b)$ si x est égal à b et à

$$\frac{\sqrt{\pi}}{2}[f(x+\varepsilon)+f(x-\varepsilon)],$$

si x est compris dans l'intervalle (a, b). Ces résultats s'étendent à un inter-

valle dans lequel la fonction $f(x)$ devient infinie en un nombre fini de points de telle sorte que $\int |f(x)|\,dx$ ait un sens; ils s'étendent également à l'intervalle $(a+\infty)$ ou $(-\infty, a)$ pourvu que $\int_a^{+\infty}\left|\frac{f(x)}{x-\alpha}\right|dx$ et respectivement $\int_{-\infty}^{a}\left|\frac{f(x)}{x-\alpha}\right|dx$ aient un sens.

La fonction égale à 1 entre $-\beta$ et $+\beta$ et à zéro à l'extérieur de cet intervalle, peut se représenter par la série

$$(3)\qquad \frac{2}{\sqrt{\pi}}\left[\int_0^{\beta} e^{-\alpha^2}\,d\alpha + \sum_{p=1} \frac{P_{2p}(x)\,P_{2p-1}(\beta)\,e^{-\beta^2}}{2^{2p}\,2p\,!}\right].$$

En utilisant cette série comme restricteur, on peut représenter la probabilité pour que y, fonction des variables indépendantes $x_1, x_2, \ldots, x_n$, soit comprise entre $M_1-\alpha$ et $M_1+\alpha_1$, M_1 étant la valeur probable de y, au moyen d'une série dont le premier terme est l'intégrale de Gauss et dont les autres ne dépendent que des valeurs probables des puissances de y.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un nouveau produit radioactif de la série de l'uranium.* Note de M. **Jacques Danne**, présentée par M. Lippmann.

Il y a un an, j'ai entrepris, au laboratoire de Mme Curie, la séparation et la concentration de l'uranium X contenu dans 20^{kg} de nitrate d'uranium. Au cours de ce travail, j'ai été conduit à caractériser une substance radioactive nouvelle qui se présente comme le parent immédiat de l'uranium X; je propose de donner à cette substance le nom de *radio-uranium*.

Voici les principales réactions que j'ai effectuées en vue de la concentration de l'uranium X et qui m'ont permis de séparer cette nouvelle substance:

J'ai entraîné une grande partie de l'uranium X contenu dans la dissolution dans l'eau du nitrate d'uranium, au moyen de précipitations répétées de sulfate de baryum effectuées au sein même de la dissolution. Les sulfates obtenus ont été transformés en carbonates et, sur la dissolution de ces carbonates dans l'acide chlorhydrique, j'ai fait les séparations analytiques ordinaires. Les hydrates résultant de cette séparation contenaient, avec une petite quantité de fer et une quantité plus importante d'uranium, la majeure partie de l'uranium X. Les hydrates, transformés en nitrates, ont été dissous dans l'acétone pour séparer l'uranium de l'uranium X suivant la méthode indiquée par MM. Schlundt et Moore. Dans ces conditions, l'uranium X reste avec les nitrates insolubles dans l'acétone. Toutefois, une certaine quantité d'uranium X peut rester dans

la dissolution; pour l'entraîner, on agite la dissolution acétonique avec une petite quantité d'hydrate ferrique fraîchement précipité; l'uranium X en dissolution se fixe sur celui-ci. Les nitrates insolubles dans l'acétone et l'hydrate ferrique ont été réunis et parfaitement lavés à l'acétone dans le but d'éliminer toute trace d'uranium. Ces produits, dissous dans l'eau, évaporés à sec et calcinés, ont été repris à chaud par une petite quantité d'eau additionnée d'un peu d'acide chlorhydrique.

Le produit A, insoluble dans l'eau acidulée, contenait l'uranium X; il avait une activité égale à 63 fois celle de l'uranium et pesait $0^g,5$. Quant au produit B, résultant de l'évaporation à sec de la liqueur, il contenait du fer, avait une activité égale à 0,51 et pesait $0^g,4$.

Au mois d'octobre de l'année dernière, j'ai examiné à nouveau tous les produits provenant du traitement précédent. Un fait a particulièrement attiré mon attention : le produit B était devenu dix fois plus actif. Je me suis proposé de rechercher les raisons de cet accroissement anormal d'activité.

Après avoir successivement éliminé la présence possible d'une impureté radioactive appartenant aux séries de l'actinium ou du radium, j'ai pu vérifier que cette augmentation d'activité était due à la formation d'uranium X.

J'ai pu séparer, en effet, une certaine quantité d'uranium X du produit B et étudier les lois de variation de l'activité de chacun des produits résultant de la séparation.

Le produit B séché à 150° a été repris par l'eau à chaud, la partie insoluble constituée surtout par de l'oxyde de fer a formé le produit B_1; la liqueur a été agitée avec l'hydrate ferrique fraîchement précipité; cet hydrate lavé et séché a formé le produit B_2; enfin la liqueur évaporée à sec a donné le produit B_3.

J'ai déterminé l'activité de ces trois substances, en fonction du temps. Le Tableau ci-dessous résume les résultats obtenus pendant les derniers mois.

	Activités.										
	Décembre 1908.		Janvier 1909.						Février 1909.		
Produits.	23.	28.	4.	8.	13.	20.	25.	28.	1.	3.	5.
B_1.....	2,21	2,12	1,99	1,92	1,81	1,65	1,53	1,47	1,41	1,38	1,35
B_2.....	1,50	1,28	1,03	0,91	0,78	0,64	0,54	0,50	0,44	0,41	0,39
B_3.....	1,41	1,68	2,04	2,25	2,51	2,82	3,02	3,13	3,26	3,31	3,35

Il résulte de ces mesures que les produits B_1 et B_2 ont une activité décroissante et que le produit B_3 a une activité croissante. En particulier, si l'on trace la courbe représentant le logarithme de l'activité du produit B_2 en fonction du temps, on peut vérifier que cette activité décroît suivant une loi exponentielle telle que l'activité diminue de moitié en 22 jours. Ce

nombre caractérise la période de désactivation de l'uranium X. Quant au produit B_3, son activité a augmenté dans le rapport

$$\frac{3,35}{1,41} = 2,37,$$

dans l'intervalle de 44 jours.

Ces résultats ne peuvent s'expliquer qu'en supposant que le produit B contenait, avec l'uranium X, le parent immédiat de l'uranium X. La séparation effectuée sur le produit B a réparti les deux substances en quantités inégales dans chacun des trois produits B_1, B_2, B_3. Le produit B_1 contient le radio-uranium avec un excès d'uranium X; le produit B_2 contient l'uranium X avec une très petite quantité de radio-uranium; le produit B_3 contient le radio-uranium avec une petite quantité d'uranium X.

Si l'on compare la faible quantité d'uranium X contenue dans le produit B à la quantité beaucoup plus considérable qu'on pourrait en extraire de la solution uranique primitive, il semble que, dans ces conditions, le radio-uranium soit très difficilement séparable de l'uranium.

D'après les résultats précédents, cette nouvelle substance se classe entre l'uranium et l'uranium X. Sa présence à cette place permettra d'expliquer certaines particularités observées dans l'étude des sels d'uranium.

PHYSIQUE. — *Note sur les stries des étincelles oscillantes.* Note de M. **André Léauté**, présentée par M. Lippmann.

La théorie de Lord Kelvin, relative à la décharge d'un condensateur à travers une self-induction, n'est plus applicable quand la bobine intercalée dans le circuit porte plusieurs couches de fil. J'ai montré ([1]) que, dans le cas de deux couches, l'intensité à l'une des extrémités de la bobine pouvait être représentée par un développement de la forme

$$(1) \qquad i = \sum_{1}^{\infty} [A_n \sin(2\pi\nu_n \Omega t) + B_n \cos(2\pi\nu_n \Omega t)],$$

dans lequel ν_n et Ω sont définis comme suit : Γ désignant la capacité du condensateur dont on étudie la décharge, L la self-induction de la bobine et C

([1]) A. Léauté, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1209.

sa capacité, on a

$$\Omega = \frac{1}{2\sqrt{CL}},$$

et ν_n est la $n^{\text{ième}}$ des racines positives rangées par ordre de grandeur croissante de l'équation

$$h\nu = \cot(\pi\nu),$$

où

$$h = \pi\frac{\Gamma}{C}.$$

On peut, au moyen du développement (1), expliquer un certain nombre de faits observés antérieurement.

1° *Existence des stries.* — Le courant de décharge i résulte de la superposition d'une infinité de courants sinusoïdaux, de fréquences égales à $\Omega\nu_1$, $\Omega\nu_2$, ... On déduit de là que, si l'on intercale une coupure dans le circuit et qu'on photographie sur pellicule mobile l'étincelle, le terme de fréquence $\Omega\nu_2$, par exemple, donnera lieu à des renforcements brusques de luminosité dans l'oscillation de fréquence $\Omega\nu$, dite *fondamentale*

De telles stries ont été signalées en 1907 par M. Hemsalech [1].

2° *Calcul du nombre des stries.* — Le nombre des stries comprises dans une oscillation du fondamental est égal à $\frac{\nu_1}{\nu_2}$ et dépend, par conséquent, de la quantité h. Le Tableau suivant permettra de comparer, pour différentes valeurs de h, les chiffres donnés par le calcul et ceux fournis par les mesures de M. Hemsalech [2].

Capacité en microfarads.	Self en henrys.	h.	Valeur mesurée.	Valeur calculée.
0,00585.......	0,0125	17,35	3,91 ; 4,08 ; 4,045	3,867
0,01170.......	0,0125	34,7	moyenne 5,14	5,350
0,00368.......	0,0125	10,9	3,11 ; 3,12 ; 3,05	3,153
0,00736.......	0,0125	21,8	4,05 ; 4,30	4,301

Les capacités ont été calculées par la formule de Thomson; nous verrons plus loin que cette manière de faire est légitime. Les faibles divergences entre chiffres calculés

(1) HEMSALECH, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 741.

(2) HEMSALECH, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1093.

et mesurés sont imputables à ce fait que les stries ont nécessairement sur les maxima du second terme un peu de retard ou d'avance, suivant que le fondamental est, au moment où elles se produisent, croissant ou décroissant.

3° *Termes de rang supérieur; variation du nombre des stries suivant les oscillations.* — Je n'ai considéré jusqu'ici que les deux premiers termes du développement (1); les stries dues aux termes suivants ne peuvent pas être décelées. Ces termes, qui ont une trop grande fréquence ou une amplitude trop faible pour produire des stries perceptibles, provoquent donc simplement un renforcement uniforme de la luminosité dans l'étincelle; mais leur existence peut expliquer la production simultanée de vapeur métallique aux deux électrodes.

Enfin, je remarquerai qu'on a négligé dans cette théorie l'influence de la résistance ohmique de la bobine et l'amortissement qui en résulte. On peut concevoir que cet amortissement soit tel qu'au bout d'un certain temps l'amplitude du fondamental devienne voisine de celle du second terme : on devrait alors voir le nombre des stries passer du simple au double. Une variation de cet ordre a été constatée par M. Hemsalech, ainsi que le montre l'exemple suivant :

Capacité	0,00736
Self	0,0125

Numéros d'ordre de l'oscillation du fondamental.	Valeur mesurée du rapport $\frac{\nu_2}{\nu_1}$.
1	4,05
2	4,030
3	6,95
8	7,72
10	6,58 8,02
20	7,95 10,12

4° *Fréquence du fondamental; comparaison avec la formule* $n = \frac{1}{2\pi\sqrt{\Gamma L}}$. — La fréquence que la théorie ci-dessus assigne au fondamental est

$$\nu_1 \frac{\sqrt{h}}{3\sqrt{\pi}} \frac{1}{\sqrt{\Gamma L}}.$$

D'autre part, si la bobine de self n'avait pas de capacité, la formule de Thomson serait applicable et donnerait, pour la fréquence du courant de décharge d'un condensateur de capacité Γ à travers une self L, la valeur $\frac{1}{2\pi\sqrt{\Gamma L}}$. Ces deux valeurs, dans les différents cas que j'ai étudiés, se sont trouvées tout à fait voisines, comme on pouvait s'y attendre.

Valeurs de h.	Rapport des deux valeurs de la fréquence.
17,35	1,029
10,9	1,047
34,7	1,016
21,8	1,024

Pour résumer dans ses grandes lignes cette théorie de la décharge d'un condensateur à travers une bobine portant deux couches de fil, on pourra dire que le courant qui parcourt la bobine est la somme de deux courants sinusoïdaux : la fréquence du premier est égale sensiblement à celle que prévoit la formule de Thomson ; le second a une fréquence plus grande et son existence permet d'expliquer tous les faits précédemment observés relatifs aux stries dans les étincelles d'induction.

PHYSIQUE. — *Sur la masse de l'ion négatif d'une flamme.* Note de M. **Georges Moreau**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai déterminé la masse de l'ion négatif d'une flamme par le procédé suivant.

Deux flammes F_1 et F_2 brûlent verticalement au contact et de part et d'autre d'une toile de platine à mailles fines A. Dans la flamme F_2 est disposée une perle de sel de sodium qui, en se vaporisant, fournit des ions positifs et négatifs. Ces derniers, beaucoup plus rapides que les positifs, diffusent à travers la toile A dans la flamme F_1 où ils sont entraînés par un champ électrique établi dans cette flamme entre une lame de platine B et la toile A. De l'observation du courant I dû aux ions négatifs recueillis par l'électrode B, on déduit la mobilité k et la vitesse d'agitation u de ces ions.

Soient :

N la densité des ions négatifs dans la flamme F_2 au voisinage de A;
V la différence de potentiel entre l'électrode B et la toile A supposées distantes de d;
v la vitesse verticale des filets gazeux de la flamme F_1;
S et H la surface et la hauteur de l'électrode B;
e la charge d'un ion.

On pose

$$\omega = \frac{vd^2}{Hk}, \qquad A = \frac{4}{Neu}, \qquad B = \frac{d}{Nek}, \qquad y = \frac{V}{I}.$$

La théorie cinétique des gaz donne pour le courant I

$$I = S\left(1 - \frac{\omega}{V}\right)\frac{V}{AV + B},$$

d'où

$$(1) \qquad Sy = \frac{V(AV + B)}{V - \omega}.$$

On déduit :

I. ω étant toujours petit vis-à-vis de $\frac{B}{A}$, y passe par un minimum pour un potentiel V_0 :

$$(2) \qquad V_0 = \sqrt[2]{\frac{d^3 v u}{4HK^2}}.$$

II. Pour les grandes valeurs de V, la formule (1) se réduit à

$$Sy = AV + B,$$

avec

$$(3) \qquad \frac{B}{A} = \frac{du}{4k}.$$

L'observation de V_0 et de y donne, d'après 2 et 3, les valeurs de k et de u en fonction de la vitesse v de la flamme F_1 qui peut être mesurée.

L'expérience consiste à observer le courant I pour des potentiels V croissant de 0 à 200 volts par centimètre. Le calcul de la formule (1), les expériences et la mesure de v seront détaillés dans un autre Recueil.

Voici les résultats pour une flamme à 2000° absolus environ :

$$k = 1170 \frac{\text{cm}}{\text{volt:sec.}}, \qquad u = 2,5.10^6 \text{ cm:sec.}$$

Ces nombres peuvent être considérés comme exacts à $\frac{1}{10}$. La mobilité k concorde suffisamment avec celle que j'ai trouvée antérieurement : 1350cm (1).

La connaissance de la vitesse d'agitation u donne la *masse m* de l'ion négatif, par la relation fondamentale de la théorie cinétique

$$mu^2 = 2\alpha T,$$

où α est la constante d'énergie moléculaire dont la valeur est connue, voisine de $1,7.10^{-16}$ d'après Jean Perrin (2).

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XXX, 1903.

(2) *Comptes rendus*, 5 octobre 1908.

Avec la température absolue $T = 2000$ et la valeur précédente de u, on déduit

$$m = 1^{g},1.10^{-25}.$$

La masse d'un *corpuscule* étant, d'après Perrin, $0^{g},75.10^{-27}$ et celle d'un atome d'hydrogène $1^{g},4.10^{-24}$, l'ion négatif d'une flamme à 2000° est plus lourd qu'un corpuscule et plus léger qu'un atome d'hydrogène.

On peut être surpris qu'un ion ait une masse inférieure à celle de l'atome le plus léger, puisqu'on considère habituellement l'ion comme un assemblage de plusieurs atomes ou molécules. Il n'est pas certain cependant qu'un tel groupement soit fixe; il est possible qu'il échange des molécules avec le milieu environnant. On peut concevoir que l'ion négatif, à la suite de ses chocs avec les molécules de la flamme, s'attache une ou plusieurs de ces molécules, qu'il conserve pour quelques libres parcours, puis, les abandonnant, effectue d'autres parcours en nombre plus élevé à l'état de corpuscule : on observerait ainsi une mobilité et une masse moyennes.

Cette interprétation explique un fait que j'ai constaté antérieurement, à savoir que la mobilité de l'ion négatif d'une flamme salée diminue quand la concentration en sel croît. Elle semble aussi pouvoir s'appliquer aux ions des gaz à la température ordinaire, car il résulte des expériences de M. Blanc (¹) que l'ion produit dans un gaz ne conserve pas son édifice de molécules quand il passe dans un autre gaz, mais se détruit pour se reformer avec les molécules de l'autre gaz.

CHIMIE. — *Rôle, dans la nature, de la dissociation des carbonophosphates.* Note de M. **A. Barillé**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans une Note antérieure (²), nous avons démontré expérimentalement que le gaz carbonique, en présence de l'eau et sous pression, produit avec les phosphates, dont les métaux sont susceptibles de former des bicarbonates, une catégorie de composés nouveaux ou *carbonophosphates,* facilement dissociables à l'air, qu'on ne peut, pour ce motif, isoler de leurs dissolutions.

Ces carbonophosphates, en se décomposant, donnent toujours naissance à deux corps, fonction l'un de l'autre, à un phosphate bibasique et au bicarbonate correspondant, devenant finalement carbonate neutre.

(¹) *Comptes rendus,* 6 juillet 1908.
(²) *Comptes rendus,* 12 octobre 1903.

C'est par ces propriétés spéciales que les carbonophosphates offrent un intérêt pratique et jouent un rôle important dans la nature. Nous allons le démontrer par un certain nombre d'exemples.

I. *Formation des calculs à base de phosphate et de carbonate de calcium.* — Ainsi que nous l'avons constaté dans nos nombreuses analyses de calculs, le phosphate de calcium se trouve constamment accompagné du carbonate de la même base. Ces deux éléments constitutifs sont normaux, ils proviennent de la dissociation du carbonophosphate. Leur proportion est sensiblement celle qui existe dans les os, sauf dans certains cas, où l'acide carbonique de l'organisme, agissant sur le calcul, a formé du bicarbonate de calcium soluble qui, par sa disparition, provoque l'enrichissement de celui-ci en phosphate de calcium.

Dans toutes nos analyses de calculs, nous avons tenu à spécifier la nature de la basicité du phosphate, ce qui est important. Pour cela, les éléments dosés ont été exprimés en rapports, que nous avons comparés aux mêmes rapports théoriques. Les résultats obtenus nous ont permis de retrouver la réaction du milieu dans lequel s'est formé le calcul.

II. *Rôle des combinaisons carbonophosphatées dans le sang.* — Les carbonophosphates alcalins paraissent jouer un rôle important et tout à fait analogue dans le maintien de la tension de l'acide carbonique dans le sang, qui est toujours supérieure à celle qui existe dans l'atmosphère. Le phosphate trisodique d'origine alimentaire, pénétrant dans le plasma sanguin, absorbe le gaz carbonique au fur et à mesure de sa production. Le carbonophosphate ainsi formé se dissocie au niveau de l'épithélium pulmonaire en abandonnant un mélange de bicarbonate et de phosphate disodique. Comme dernier terme, les bicarbonates peuvent devenir en partie carbonates neutres et l'excès de gaz carbonique s'associer partiellement au phosphate bibasique.

III. A. *Formation biologique de cristaux de brushite dans un crâne.* — M. A. Lacroix a signalé l'existence [1] de lamelles de phosphate bicalcique pur (brushite) dans la cavité cranienne d'un cadavre inhumé en 1630, dans un cercueil de plomb étanche. Ce résultat, qui paraît *a priori* paradoxal d'après ce qui précède, n'est cependant pas contraire à notre théorie et trouve son explication dans une expérience faite par nous antérieurement (*loc. cit. : Comptes rendus*), à savoir : « Qu'une dissolution de carbonophosphate tricalcique, obtenue sous pression, dépose en *flacon plein et bouché* des cristaux de phosphate bicalcique ». Il nous paraît rationnel, en effet, que le gaz carbonique provenant de la putréfaction du cadavre, s'accumulant surtout dans le crâne, ait permis l'attaque *sous pression* du tissus osseux. Le carbonophosphate formé se sera dissocié, ne laissant qu'un dépôt de phosphate bicalcique cristallisé, le bicarbonate de calcium soluble étant ultérieurement entraîné dans le voisinage. C'est là un phénomène d'*autominéralisation* effectué sans l'intervention d'aucune substance étrangère au cadavre.

B. *Ossements de la grotte de Minerve.* — L'étude faite par M. Armand Gautier [2]

---

(1) *Comptes rendus,* 22 février 1897.

(2) *Annales des Mines,* janvier 1894.

sur les gisements de phosphate de chaux cristallisé (ossements d'animaux et dépôts de brushite farineux en provenant) qu'il a recueillis dans les cavernes de Minerve (Aude) et dont il indique la genèse, laisse une certaine place à leur formation par la dissociation des carbonophosphates suivant le mécanisme que nous venons d'indiquer. L'action, toute de surface, de l'acide carbonique, s'est exercée ici avec une égale intensité, sur tous les points des ossements, ce qui explique, pour ce cas particulier, la conservation de leur forme primitive.

IV. *Les carbonophosphates dans les urines.* — Les phosphates de calcium et de magnésium se trouvent en dissolution carbonique dans les urines à réaction acide. L'urine se trouble si on la chauffe, et il se forme, par dissociation, un sédiment constitué par du carbonate amorphe et par du phosphate bibasique cristallisé.

Ces sédiments existent parfois tout formés dans les urines, fait désormais facile à expliquer. Par les mêmes considérations, l'ingestion d'eaux minérales bicarbonatées froides provoque l'éclaircissement de l'urine des malades atteints de phosphaturie.

V. *Nutrition des plantes.* — En physiologie végétale, l'acide carbonique du sol agit également comme solubilisateur des phosphates et permet leur assimilation, sous forme de carbonophosphates, par les poils absorbants.

VI. *Phosphates minéraux naturels.* — Les considérations qui précèdent peuvent s'étendre également à la formation de certains phosphates naturels, par exemple les coprolithes et les nodules phosphatés du Pas-de-Calais.

Conclusions. — Par une théorie nouvelle, appuyée sur les résultats de l'analyse chimique, nous faisons donc, de l'acide carbonique, l'*agent convoyeur* des phosphates. La dissociation des carbonophosphates ainsi obtenus acquiert une grande portée, puisque nous avons pu interpréter, de la même façon, des phénomènes naturels très différents, s'appliquant aussi bien aux organismes vivants qu'aux minéraux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons de l'or avec le brome.* Note de M. **Fernand Meyer**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le brome se combine à l'or. Le nombre et la nature des composés formés ont fait l'objet de nombreux travaux de 1876 jusqu'en 1901. D'un côté, Thomsen et Pétersen ([1]) admettent que l'action du brome sur l'or s'arrête lorsque le composé atteint la formule Au^2Br^4. Krüss et Schmidt ([1]) nient l'existence de ce composé; ils poursuivent la bromuration jusqu'à obtenir presque $AuBr^3$. Récemment, M. Lengfeld ([2]) a fait agir du brome sur l'or; il s'arrête quand la composition est intermédiaire entre $AuBr^2$ et

([1]) *Journal für prakt. Chemie,* 2e série, t. XIII, XXXVII, XXXVIII, XLVI, XLVII, XLVIII.

([2]) *American chemical Journal*, t. XXVI, 1901, p. 324.

$AuBr^3$. Des lavages par l'éther anhydre à 0°, arrêtés lorsque l'éther ne se colore presque plus, donnent un corps dont la composition est intermédiaire entre AuBr et $AuBr^2$. L'auteur en déduit l'existence d'un mélange de Au et Au^2Br^4, et considère ce dernier corps comme un composé bleu d'acier, stable en l'absence d'humidité.

Nous nous sommes proposé les buts suivants : 1° voir quel est le terme ultime de l'action du brome sur l'or; 2° essayer de préparer et de caractériser le corps Au^2Br^4, s'il existe; 3° étudier la dissociation des bromures d'or et en déduire le nombre de composés d'or et de brome.

I. L'action du brome sur l'or dégage beaucoup de chaleur et l'on aperçoit souvent, en certains points de la capsule où l'on fait l'attaque, du bromure aureux vert AuBr, plus stable à température élevée.

Si on laisse longtemps de l'or précipité et du brome sec en présence en tube scellé, et si l'on chasse l'excès de brome par un courant d'air sec, le résidu contient plus de 2^{at} de Br pour 1^{at} d'or. L'action est certainement limitée par un vernis de bromure aurique $AuBr^3$. En effet, un tube que nous avons agité pendant 12 heures contient ce dernier composé pur.

Ou encore un tube contenant le brome et l'or a été chauffé à 100°, puis refroidi; après une dizaine d'opérations, l'or est transformé en cristaux noirs atteignant 6^{mm} et répondant exactement à la formule $AuBr^3$. On peut constater une solubilité notable du bromure aurique dans le brome. Enfin, si du fil d'or est plongé dans le brome, une poudre noire de bromure aurique tombe au fond du tube et le fil est recouvert d'une couche peu adhérente du même corps.

II. Le tétrachlorure de carbone dissout le brome, et ne dissout ni ne réduit les bromures d'or; en mettant en présence 1^{at} d'or et 2^{at} de brome dissous dans CCl^4, tout le brome est absorbé par l'or au bout de quelques mois; le corps formé, noir, répondant évidemment à la composition $AuBr^2$, n'a aucun caractère spécifique. Il se comporte vis-à-vis de l'eau, de l'éther, de l'hyposulfite de sodium, comme un mélange de Au, AuBr, $AuBr^3$.

Nous avons répété sur ce corps, ainsi que sur le produit direct de l'action des éléments, les expériences de M. Lengfeld.

L'éther anhydre à 0° (séché sur le sodium et manipulé dans un tube en λ) attaquait sans cesse les bromures jusqu'à en prendre tout le brome.

III. La dissociation du bromure aurique n'a pu être étudiée dans l'appareil qui nous a servi pour le chlorure, le brome se liquéfiant dans le manomètre.

De l'or et du brome sont chauffés ensemble en tube scellé. Le tube est ouvert, étiré, puis coudé. L'air en est chassé par le brome en excès qui est aspiré par une trompe. Le tube est scellé. La branche large du tube coudé qui contient le bromure aurique cristallisé est chauffée à température T dans la cavité d'un bloc de fonte avec un thermo-

mètre. Un régulateur de température est placé dans une cavité voisine. La branche étroite du tube coudé est maintenue à une température constante et basse t.

Pour chaque température t de la branche froide, on observe deux températures T_1 et T_2 de la branche chaude, et deux seulement pour lesquelles le brome distille vivement. Plusieurs expériences qualitatives faites dans des appareils où le phénomène est visible ont montré que : 1° avant la première distillation, les cristaux de bromure aurique sont inaltérés; 2° quand la première distillation se produit, on voit apparaître le bromure aureux vert; 3° la seconde distillation laisse comme résidu de l'or.

Quelquefois, en abaissant légèrement la température de la branche chaude, on voit se produire une distillation en sens inverse, mais cette distillation inverse s'arrête bientôt parce que le bromure forme un vernis inattaquable.

La pression du brome dans la branche froide à la température t est connue par les travaux de MM. Ramsay et Young et de M. Bakhuis Roozeboom. On en déduit les pressions dans la branche chaude lorsque la distillation se fait. Nous avons fait trois groupes d'expériences :

Température t de la branche froide.	Pression dans l'appareil en millimètres de mercure.	Température T_1 de dissociation de $AuBr^3$.	Température T_2 de dissociation de AuBr.
0°..............	61	165°	211°
21..............	174	190	230
50..............	565	220	270

La dissociation du bromure aurique ne peut être étudiée à température plus élevée, ce composé étant légèrement volatil et venant se déposer en fines aiguilles dans la branche froide.

En résumé : 1° Le terme final de l'action du brome sur l'or est $AuBr^3$ pur, obtenu facilement par agitation ou par des chauffes répétées. Ce composé cristallisé noir est soluble dans le brome et volatil dans une atmosphère de brome vers 300°. 2° Nous n'avons trouvé aucune raison d'affirmer l'existence d'un composé défini $AuBr^2$. 3° Aux températures où le bromure aurique se dissocie, il existe deux bromures $AuBr^3$ et AuBr et deux seulement, dont nous avons étudié les courbes de dissociation.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Pouvoir cokéfiant des charbons.* Note de M. O. **Boudouard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans le but de déterminer la nature des substances auxquelles on doit attribuer la propriété qu'ont certains charbons de donner des cokes agglomérés et durs, j'ai étudié comparativement l'action dissolvante d'un certain

nombre de composés chimiques; les essais ont porté sur un charbon de forge belge qui, à l'état naturel, donne un coke aggloméré et assez dur. Voici les résultats obtenus :

	Coke.	Cendres.	Matières volatiles.	Aspect du coke.	Dureté.	Observations.
Charbon naturel...	70,51	4,64	24,85	aggl. bours.	3	
Après traitement par :						
Ligroïne..........	71,27	5,13	23,6	» »	3	solution incolore.
Benzène..........	69,97	5,36	24,67	» »	3	» jaune fluorescente.
Naphtalène.......	68,07	7,37	24,56	» »	3	
Térébenthène.....	72,08	4,62	23,30	» »	3	solution jaune fluorescente.
Pyridine..........	70,48	7,20	22,32	aggl. peu bours.	3	solution brun foncé.
Tétrachlorure de carbone........	71,97	3,45	24,58	aggl. bours.	2	» jaune fluorescente.
Sulfure de carbone.	70,59	4,23	25,18	» »	3	solution brune fluorescente.
Alcool éthylique...	70,86	6,57	22,57	» »	2	solution jaune fluorescente.
Acétone..........	69,61	6,31	24,08	» »	3	solution jaune fluorescente.
Chloroforme......	75,22	2,52	22,26	» »	2	solution jaune fluorescente.
HCl concentré....	70,8	5,9	23,3	aggl. peu bours.	3	
SO^4H^2 concentré..	62,08	2,78	35,14	poussiéreux.	0	matières volatiles non combustibles.
NO^3H concentré...	68,78	3,52	27,70	tendance à aggl.	0	matières volatiles non combustibles. formation d'acide oxalique et d'acide humique.
KOH à 25 pour 100.	73,21	5,64	21,15	aggl. bours.	3	pas d'acide humique.
KOH fondue......	73,48	4,22	22,30	aggl. peu bours.	1	traces d'acide humique; formation d'acide oxalique.
Liqueur de Schweitzer...........	70,92	4,45	24,63	aggl. bours.	2	

De tous les réactifs employés, trois seulement sont à retenir : l'acide nitrique ; l'acide sulfurique concentré, dont l'action déshydratante sur les

matières hydrocarbonées est suffisamment énergique pour les carboniser complètement, ce qui expliquerait l'absence d'acide humique comme produit intermédiaire dans le charbon traité; la liqueur de Schweitzer, dont on pouvait prévoir l'effet par son action dissolvante sur les matières d'origine cellulosique contenues dans les charbons.

Les charbons sont des agrégats chimiques de constitution inconnue; ce sont les résidus de la flore d'un âge géologique passé, et leur procédé de formation, dans une première phase, semble avoir été analogue, à tous les points de vue, à ceux que nous observons aujourd'hui comme accompagnant la décomposition des matières végétales en grande masse. L'acide humique ne préexistant pas dans les charbons cokéfiables, et sa présence étant toujours constatée dans ces mêmes charbons oxydés qui ont alors perdu leur pouvoir cokéfiant, il était naturel de rechercher l'origine de cet acide dans les hydrates de carbone, en particulier dans la cellulose. J'ai indiqué antérieurement (*Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 986) que la composition des acides humiques retirés des divers charbons est très semblable à celle des acides humiques obtenus à partir du sucre par exemple, ou bien encore à celle des matières extraites du terreau, de la tourbe. Il est de plus très probable que les matières hydrocarbonées donnant naissance à l'acide humique n'existent pas dans les combustibles sour leur forme la plus simple, mais dans un état de condensation ou de polymérisation très grand résultant des procédés de destruction et de corruption de la matière vivante, le caractère principal de toute la série de produits de désagrégation des tissus des plantes étant l'accumulation du carbone aux dépens de l'hydrogène et de l'oxygène. Il ne faudra donc pas espérer retrouver dans les charbons de grandes quantités d'hydrates de carbone, ces matières pouvant être totalement transformées ou en voie de transformation.

Voici quelques résultats d'expériences relatives aux charbons de forge III et IV, au Bruay trois quarts gras V qui, initialement, ne contiennent pas d'acide humique et donnent des cokes agglomérés et durs; après oxydation, ils renferment de l'acide humique et fournissent un coke poussiéreux.

Houilles.	Nature du traitement.	Résultats.			
		Coke.	Cendres.	Mat. vol.	Aspect du coke.
III. Naturel.	»	70,51	4,64	24,85	aggl. bours.
III. Naturel.	1° Après KOH 5 et 25 pour 100.	73,21	5,64	21,15	aggl. bours.
	2° Après HCL chaud conc.......	73,13	3,67	23,2	aggl. friable
	3° Après liqueur Schweitzer....	73,64	4,19	22,17	poussiéreux; traces d'agglomération
IV. Naturel.	»	79,185	2,675	18,14	aggl. bours.
IV. Naturel.	1° Après KOH 5 et 25 pour 100.	78,98	5,49	15,53	aggl. bours.
	2° Après HCl chaud conc.......	79,52	2,84	17,64	aggl. friable
	3° Après liqueur Schweitzer....	77,31	2,76	19,93	poussiéreux; traces d'agglomération
V. Naturel.	»	59,36	3,07	37,57	aggl. bours.
V. Naturel.	1° Après KOH 25 pour 100.....	61,31	2,46	36,23	aggl. bours.
	2° Après HCl chaud conc.......	64,98	1,31	33,71	aggl. friable
	3° Après liqueur Schweitzer....	67,37	3,25	29,38	poussiéreux

Ce Tableau montre très nettement que si l'on traite des charbons à coke successi-

vement par la potasse, par l'acide chlorhydrique concentré et par la liqueur de Schweitzer, le pouvoir cokéfiant de ces charbons disparaît complètement; l'échantillon V accuse en même temps une diminution importante de la teneur en matières volatiles.

L'action particulière du réactif de Schweitzer permet de penser que le pouvoir collant des houilles est dû à la présence de produits d'origine cellulosique. L'addition d'un excès d'acide acétique aux solutions cuivriques provenant du traitement des charbons à coke naturels précipite en très faible quantité une matière floconneuse, de couleur grisâtre, résistant à l'action des acides concentrés, des alcalis, des dissolvants organiques, présentant en un mot les caractères de la cellulose. De plus, dans les produits d'oxydation des charbons par l'acide nitrique, dans les produits provenant du traitement des charbons par la potasse fondue, on caractérise facilement l'acide oxalique; or, on sait que l'acide nitrique oxyde la cellulose pour donner de l'acide oxalique comme terme définitif, et que la potasse transforme la cellulose en acide oxalique et alcool méthylique. Les solutions cuivriques provenant des charbons oxydés ne précipitent pas par l'acide acétique, et les cendres de ces charbons, après action de la liqueur de Schweitzer, contiennent toujours du cuivre en quantité notable, ce métal ayant été fixé à l'état d'humate de cuivre.

En résumé, les divers dissolvants organiques employés modifient peu ou point la qualité du coke donné par le charbon épuisé, et, par évaporation de l'excès des dissolvants, on obtient des matières brunes, goudronneuses, en proportion très faible, sauf pour la pyridine qui en dissout plus de 10 pour 100. L'acide chlorhydrique concentré n'a aucune action; les acides sulfurique et nitrique concentrés font perdre aux houilles leur pouvoir cokéfiant; la potasse fondue et la liqueur de Schweitzer le diminuent certainement d'une quantité notable. L'action successive de la potasse aqueuse, de l'acide chlorhydrique concentré et de la liqueur de Schweitzer fait disparaître complètement le pouvoir cokéfiant d'une houille, et l'on peut rechercher l'explication de ce phénomène dans le pouvoir dissolvant du réactif cupropotassique pour les matières d'origine cellulosique. L'acide humique qu'on retrouve dans les houilles oxydées et non cokéfiables proviendrait de l'oxydation de ces matières hydrocarbonées, existant dans les charbons sous une forme plus ou moins condensée, plus ou moins polymérisée. Le fait que les anthracites ne donnent pas de coke aggloméré s'expliquerait très simplement : cette variété de charbon représentant un stade très avancé de la transformation des matières végétales ne contiendrait plus de matière cellulosique ou d'origine hydrocarbonée en voie de disparition; il est, en effet, impossible de déceler la présence de l'acide humique dans les anthracites, naturels ou oxydés. Il faut signaler enfin la faible quantité d'acide humique qu'il suffit de voir apparaître dans un charbon pour que son pouvoir cokéfiant disparaisse immédiatement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les colorants indigoïdes dérivés de la phénylisoxazolone.* Note de M. A. WAHL, présentée par M. A. Haller.

L'indigotine et l'indirubine ont occupé pendant longtemps une place tout à fait isolée parmi les matières colorantes. Il n'en est plus de même depuis que les travaux de M. Friedländer (¹) ont montré qu'en réalité ces deux substances constituent les types d'une classe déjà fort nombreuse de colorants pour lesquels il a proposé le nom de *colorants indigoïdes*. Ces produits sont caractérisés par le groupement chromophore

$$\begin{array}{cc} -\mathrm{C} & =\mathrm{C}\ - \\ | & | \\ -\mathrm{CO} & \mathrm{CO}- \end{array}$$

et, suivant que les deux portions de la molécule réunies par la liaison éthylénique sont identiques ou différentes, le colorant peut être symétrique ou dissymétrique. L'une des méthodes de préparation de ces derniers consiste à faire réagir le chlorure d'isatine sur des molécules cycliques renfermant la fonction $- CO - CH^2 -$ ou sa forme tautomère $- C(OH) = CH -$.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 638), M. Meyer et moi avons indiqué quelques réactions nouvelles de la phénylisoxazolone dans lesquelles celle-ci réagit comme un composé méthylénique; on en connaît d'autres où elle se comporte comme possédant une formule tautomère. J'ai pensé que la phénylisoxazolone et ses dérivés devaient, par suite, réagir avec le chlorure d'isatine pour donner des colorants indigoïdes dissymétriques, et l'expérience a vérifié ces prévisions (²).

Le mode opératoire a été le même dans tous les cas : on transforme l'isatine en chlorure par le pentachlorure de phosphore en milieu benzénique (Baeyer) et l'on ajoute directement à cette solution la quantité correspondante de phénylisoxazolone dissoute dans la benzine bouillante. La couleur brune du chlorure d'isatine fait place peu à peu à une coloration rouge violacé devenant de plus en plus intense quand on chauffe au bain-marie, puis la matière colorante se dépose brusquement en petits cristaux à reflets cuivrés. Après 1 ou 2 heures on laisse refroidir, on essore, on lave à l'alcool et à l'éther, et l'on purifie par recristallisation dans l'acide acétique bouillant, d'où, par refroidissement, le produit se dépose bien cristallisé; le rendement est quantitatif.

(¹) FRIEDLÄNDER, *D. chem. G.*, t. XLI, p. 772; *Monatshefte f. Chem.*, t. XXIX, 1908, p. 359.

(²) Avant de continuer ce travail, j'ai cru devoir en prévenir M. Friedländer; il a été assez aimable de me laisser cette étude qu'il avait lui-même déjà commencée.

Dans ces conditions, le chlorure d'isatine donne, avec la phénylisoxazolone, la réaction suivante :

$$\begin{array}{ccc} C^6H^5-C & - & CH^2 \\ \| & & | \\ N & & CO \\ & \diagdown\diagup & \\ & O & \end{array} + Cl-C\begin{array}{c} \diagup\!\!\diagup N \diagdown \\ \diagdown CO \diagup \end{array}C^6H^4 = HCl + \begin{array}{ccccc} C^6H^5-C & - & CH & - & C = N \\ \| & & | & & | \quad\ | \\ N & & CO & & CO - C^6H^4 \\ & \diagdown\diagup & & & \\ & O & & & \end{array}$$

qui s'isomérise en

$$\begin{array}{ccccc} C^6H^5-C & - & C & = & C - NH \\ \| & & | & & | \quad\ | \\ N & & CO & & CO - C^6H^4 \\ & \diagdown\diagup & & & \\ & O & & & \end{array}$$

En adoptant la nomenclature proposée par M. Friedländer, on peut désigner ce produit sous le nom de 3-*phénylisoxazolone*-2-*indolindigo*. Il cristallise en aiguilles plates rouge grenat à reflets bronzés, insolubles dans l'eau, peu solubles dans les dissolvants organiques usuels.

J'ai effectué la même réaction avec les trois méthoxyphénylisoxazolones que j'ai préparées par l'action du chlorhydrate d'hydroxylamine sur les éthers β-cétoniques correspondants. On n'a décrit jusqu'ici que deux éthers méthoxybenzoylacétiques : les isomères ortho et para; la description du premier seul est correcte.

L'*anisoylacétate d'éthyle* de Schoonjans (*Rec. trav. ch. Pays-Bas*, t. XVII, 1898, p. 238) qui bout sans décomposition à 140°-142° sous 10^{mm}, devait renfermer surtout de l'anisate d'éthyle dont il possède le point d'ébullition. En réalité l'anisoylacétate d'éthyle ne distille pas sans décomposition très notable vers 180°-190° sous 10^{mm}-12^{mm}. Quant à l'*éther métaméthoxybenzoylacétique* il n'avait pas encore été préparé et sera décrit ultérieurement.

Les *méthoxyphénylisoxazolones* sont des corps blancs bien cristallisés; le dérivé *orthométhoxylé* en aiguilles blanches fondant à 106°, le dérivé *métaméthoxylé* en feuillets blancs fondant à 115° et le dérivé *paraméthoxylé* en aiguilles blanches fondant à 143° (aiguilles jaunes d'après Schoonjans).

Ces produits sont transformés par le chlorure d'isatine, quantitativement, en les *méthoxy*-3-*phénylisoxazolone*-2-*indolindigos* correspondants :

$$\begin{array}{ccccc} (CH^3O)-C^6H^4-C & - & C & = & C - NH \\ \| & & | & & | \quad\ | \\ N & & CO & & CO - C^6H^4 \\ & \diagdown\diagup & & & \\ & O & & & \end{array}$$

Ils sont tous très bien cristallisés : en cristaux grenats ou bruns à reflets cuivrés; le dérivé métaméthoxylé en particulier forme de belles aiguilles brun mordoré.

Tous ces colorants donnent avec la soude ou l'ammoniaque alcoolique une coloration violette fugace, se dissolvent à froid dans la soude caustique et à chaud dans le carbonate en donnant des solutions presque incolores d'où l'addition d'un acide reprécipite le corps primitif coloré. Il est très vraisemblable que le noyau de l'isoxazolone est hydrolysé par les alcalis et se trouve régénéré quand on ajoute un acide

$$\begin{array}{ccccccc} C^6H^5 - & C & - & C & = & C & - NH \\ & \| & & | & & | & | \\ & NOH & & COOK & & CO & - C^6H^4 \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{ccccccc} C^6H^5 - & C & - & C & = & C & - NH \\ & \| & & | & & | & | \\ & N & & CO & & CO & - C^6H^4 \\ & & \diagdown\!\diagup & & & & \\ & & O & & & & \end{array}$$

Incolore. Coloré.

Enfin si l'on ajoute de l'hydrosulfite de sodium à la solution alcaline, on obtient un liquide jaune d'où les acides ne reprécipitent plus le corps coloré; celui-ci ne réapparaît qu'après l'addition d'un oxydant comme l'eau oxygénée, par exemple. Je n'ai pas réussi jusqu'ici à fixer le leucodérivé sur les fibres; il semble n'avoir aucune affinité ni pour les fibres végétales, ni pour les fibres animales.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition chimique de l'argent colloïdal électrique.* Note (¹) de M. G. **Rebière**, présentée par M. Dastre.

On admet généralement que les colloïdes obtenus par la pulvérisation électrique des métaux selon la technique de Bredig sont purs, c'est-à-dire qu'ils sont constitués par des particules métalliques extrêmement petites, ultramicroscopiques, en suspension dans de l'eau pure.

Cependant la mesure de la conductivité d'un tel système permet de constater que, loin d'être négligeable, cette conductivité a une valeur souvent assez élevée et dans tous les cas de beaucoup supérieure à celle de l'eau distillée employée pour la préparation.

On ne saurait expliquer, par une conductivité propre des grains ou particules, la conductivité des métaux colloïdaux électriques qui, en tout état de cause, serait d'un ordre de grandeur beaucoup plus élevé. Elle doit être attribuée aux ions contenus dans le liquide intergranulaire. La présence d'ions a été démontrée dans les colloïdes obtenus par voie chimique (Duclaux, Malfitano); quant aux colloïdes électriques, Billitzer d'une part et Blake de l'autre ont signalé l'augmentation de conductivité de l'eau au cours de la préparation du platine et de l'argent colloïdal électrique; et, pour

(¹) Présentée dans la séance du 1er février 1909.

ce dernier métal, Blake a émis l'hypothèse de la présence d'un oxyde d'argent soluble comme cause de cet accroissement de conductivité.

L'étude systématique de la préparation de l'hydrosol d'argent par la méthode de Bredig m'a permis d'en déterminer la composition chimique et de préciser quelques points intéressants.

Lorsqu'on fait jaillir l'arc électrique sous une tension de 50-60 volts et une intensité de 4-10 ampères, entre deux fils d'argent de 2^{mm} de diamètre plongeant dans l'eau distillée, aussi pure que possible, le métal se pulvérise et l'eau prend une couleur d'autant plus foncée que l'opération se poursuit plus longtemps. Le produit final de la réaction, débarrassé des particules grossières qu'il peut contenir, est un liquide trouble par réflexion, limpide par transparence.

Il présente une coloration différente suivant les cas. En effet, selon les circonstances qui ont accompagné la formation de l'hydrosol d'argent, celui-ci peut être coloré en rouge brun sombre, jaune brun, brun verdâtre, vert olive foncé, vert olive clair.

Ces différentes colorations ne sont pas sous la dépendance de la teneur en métal; je montrerai plus loin qu'elles dépendent de la composition du liquide intergranulaire.

La conductivité électrique des solutions ainsi obtenues est variable et, pour des solutions de la même nuance, elle varie dans le même sens que le pourcentage en argent.

La conductivité et la teneur en argent (pour 1000) de quelques-unes des solutions que j'ai préparées se trouvent consignées dans les deuxième et troisième colonnes du Tableau ci-dessous :

Argent colloïdal électrique
préparé dans de l'eau distillée de conductivité $K = 2,7.10^{-6}$ $(T = 25°)$.

$I =$ de 4 à 10 ampères. $E = 50$ à 70 volts.

Couleurs.	Conductivité K =	Ag total pour 1000.	Ag ionisé pour 1000.	$\frac{\text{Ag ionisé}}{\text{Ag total}}$ pour 100.
brun foncé (*a*).....	$7,7.10^{-6}$	0^g,0486	0^g,0075	15,43
brun rouge (*b*).....	$15\ .10^{-6}$	0,108	0,012	11,11
brun rouge (*c*).....	$18\ .10^{-6}$	0,1188	»	»
vert olive (6)......	$31\ .10^{-6}$	0,080	0,016	13,56
vert olive (3)......	$34\ .10^{-6}$	0,081	0,018	22,50
— (5)......	$35\ .10^{-6}$	0,081	0,021	25,90
vert clair (4)......	$36\ .10^{-6}$	0,082	0,024	30 »
— (7)......	$37\ .10^{-6}$	0,082	0,027	32,90
— (8)......	$37\ .10^{-6}$	0,082	0,027	32,90

L'examen de ces chiffres montre tout d'abord que la conductivité de l'argent colloïdal brun est beaucoup plus faible que celle de l'argent vert olive, quoique les teneurs en métal soient peu différentes.

Le parallélisme entre la conductivité et la teneur en Ag devient évident si, au lieu de considérer la totalité du colloïde, on envisage seulement le

liquide intergranulaire ou tout au moins le milieu liquide privé de l'argent en suspension par un moyen approprié.

Les auteurs qui ont étudié la composition et surtout la conductivité du liquide intergranulaire se sont adressés, pour séparer les granules, à la filtration sur sac de collodion. J'ai jugé suffisant, pour atteindre le but que je me suis proposé, de précipiter les grains ultramicroscopiques d'argent par l'addition de traces très faibles d'un électrolyte, la filtration sur collodion ayant donné des résultats assez discordants sur lesquels j'aurai d'ailleurs l'occasion de revenir.

L'addition d'une trace d'électrolyte à une solution d'argent colloïdal électrique provoque tout d'abord un changement de coloration : la solution, quelle que soit sa couleur initiale, devient verte. Cette modification dans l'aspect physique marque le début de l'agglutination des granules, agglutination qui, dans ce cas, ne présente pas les caractères d'une coagulation, mais ceux d'une flocculation. Au bout d'un temps plus ou moins long la précipitation des granules flocculés est complète et l'on obtient par filtration un liquide limpide, propre au dosage de l'argent.

J'ai employé comme électrolyte précipitant le nitrate de baryum au $\frac{1}{20}$ à la dose de $0^{cm^3},20$ pour 200^{cm^3} d'argent colloïdal. Le dosage de l'argent ionisé présent dans le liquide intergranulaire ainsi obtenu a donné les résultats consignés dans la quatrième colonne du Tableau.

Les conductivités sont donc sensiblement proportionnelles aux quantités d'argent dissous. D'autre part, si l'on calcule pour chacune de ces préparations d'argent colloïdal le rapport pour 100 de l'argent total à l'argent ionisé, on voit que la couleur est d'autant plus verte que la valeur de ce rapport est plus grande, ainsi qu'il résulte des chiffres de la cinquième colonne du Tableau.

L'ensemble de ces résultats s'expliquerait parfaitement si l'on admet, dans la préparation de l'argent colloïdal électrique, les phases suivantes :

1° Sous l'influence de l'arc, le métal est pulvérisé ; mais, du fait d'une électrolyse de l'eau, inévitable, une certaine quantité d'oxyde d'argent prend simultanément naissance.

2° Cette formation d'oxyde d'argent est vraisemblablement proportionnelle à l'intensité de l'électrolyse qui, elle-même, dépend du débit et, par suite, à voltage constant, de l'intensité du courant. C'est pourquoi l'aspect physique des solutions d'argent électrique varie avec l'intensité du courant et que les solutions brunes s'obtiennent plus facilement, toutes choses égales d'ailleurs, avec un courant de faible ampérage. En effet, l'oxyde d'argent

ainsi formé peut jouer vis-à-vis des granules argentiques le rôle d'un électrolyte quelconque et les agglomérer. Comme on voit un électrolyte, ajouté à de l'argent brun, faire virer la teinte de celui-ci au vert, même lorsque la quantité introduite est très faible et notablement inférieure à la dose précipitante, de même l'oxyde d'argent produit par l'action simultanée de l'arc et de l'oxygène dégagé par l'électrolyse provoque un grossissement de grains qui se traduit macroscopiquement par un changement de coloration. Ceci est d'accord, d'ailleurs, avec le fait établi depuis longtemps que les solutions brunes sont à grains plus fins que les solutions vertes. D'ailleurs, l'aspect ultramicroscopique des deux sortes de solutions est fort différent : les solutions brunes présentent des grains multicolores (rouges, verts et jaunes), tandis que dans les solutions vertes on observe surtout des grains jaunes (lumineux).

En résumé, dans les conditions expérimentales où je me suis placé, j'ai obtenu des solutions d'argent colloïdal électrique qui doivent être considérées comme renfermant, à l'état d'équilibre au sein de l'eau, des grains d'argent insoluble et de l'argent ionisé. Il y a tout lieu de croire que l'argent ionisé se trouve sous la forme d'oxyde (peut-être en partie carbonaté); dans tous les cas, il sera utile de tenir compte de la présence de ce composé argentique, dont le taux est souvent assez élevé, lorsqu'on étudiera les propriétés physico-chimiques de l'argent de Bredig et surtout ses propriétés biologiques.

BOTANIQUE. — *Sur la fécondation de la fleur du Pavot.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Mes expériences ont été faites sur des Pavots appartenant à deux variétés : le *Méphisto* à croix noire, et le *Danebrog* à croix blanche.

Vers la fin de juillet, alors que ces plantes se trouvaient en pleine floraison, j'ai retiré toutes les fleurs épanouies pour ne plus avoir à m'occuper que des boutons floraux.

Ayant déjà remarqué que le début du redressement du pédoncule floral coïncidait toujours avec le commencement de la déhiscence des étamines, je me suis servi de ce caractère pour partager en deux groupes les boutons sur lesquels je voulais expérimenter.

Le premier groupe contenait tous les jeunes boutons aux pédoncules recourbés et dont les étamines n'étaient pas encore ouvertes.

Le second groupe comprenait tous les boutons plus âgés, dont les pédoncules commençaient à se redresser et dont les étamines étaient en voie de déhiscence.

J'ai fait subir à tous les boutons de ces deux groupes le même traitement.

Après avoir entr'ouvert les pièces florales avec de grandes précautions pour ne pas les déchirer, j'ai coupé toutes les étamines par leur filet et je les ai retirées. Ensuite, j'ai soigneusement refermé les boutons et, en ayant placé la moitié de chaque groupe dans des sacs de gaze très fine pour être certain que les abeilles ne les pollinissent pas lorsqu'ils seraient épanouis, je les ai tous laissés se développer.

Pendant ce temps, j'ai enlevé tous les nouveaux boutons au fur et à mesure qu'ils apparaissaient, car, dans la suite, ils auraient pu nuire aux résultats des expériences.

Vers les premiers jours de septembre, époque où presque toutes les capsules étaient arrivées à maturité, je fis les constatations suivantes :

Dans chaque groupe, entre la moitié des boutons qui avaient été protégés par des sacs de gaze et l'autre moitié pour laquelle je n'avais pas pris cette précaution, il n'y a pas eu de différence.

En effet, les abeilles qui, avant ces expériences, venaient en grand nombre chercher du pollen sur les fleurs épanouies, cessèrent complètement leurs visites, le jour où elles s'aperçurent qu'il n'y avait plus que des fleurs sans étamines.

Les boutons du premier groupe, privés d'étamines non ouvertes, donnèrent tous des capsules très bien constituées. Les capsules de ces Pavots s'étaient donc développées en dehors de toute fécondation. C'est là un nouvel exemple de fruit parthénocarpique qu'on pourra ajouter à ceux qui ont déjà été décrits par de nombreux auteurs.

A l'intérieur de ces capsules, nous n'avons trouvé que des ovules desséchés. Malgré leur très grand nombre, aucun n'a pu se développer en graines; la parthénogénèse n'existe donc pas dans ces deux variétés de Pavot.

Les boutons plus âgés du second groupe, dont les étamines avaient commencé à s'ouvrir, et qui avaient été également enlevées au commencement des expériences, donnèrent aussi des capsules bien conformées.

A l'intérieur des capsules, nous avons recueilli de bonnes graines au milieu de beaucoup d'ovules desséchés.

Pour chaque ovaire le nombre des graines oscillait de 900 à 1200. Celui des ovules desséchés de 1000 à 1600.

C'est un résultat intéressant qui nous montre que la fécondation s'opère déjà à l'intérieur du bouton au moment où le pédoncule floral commence à se redresser.

Cette interprétation me paraît d'autant plus exacte que, dès le début de ces expériences, ayant pratiqué des coupes dans l'ovaire, à ce stade de développement, après les avoir colorées avec du bleu d'aniline, j'ai vu au microscope de nombreux tubes polliniques allant jusqu'aux ovules.

Comme cette autofécondation portant sur le tiers et quelquefois même sur la moitié des ovules se fait de très bonne heure, avant l'épanouissement de la fleur, elle a pu échapper aux nombreux observateurs qui se sont occupés de l'hybridation des diverses variétés de Pavots, et elle a dû certainement nuire à l'interprétation de leurs résultats, surtout lorsqu'il s'est agi de vérifier la loi de Mendel.

BOTANIQUE. — *Sur la présence de l'amylase dans les vieilles graines.* Note de MM. **Brocq-Rousseu** et **Edmond Gain**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans des Notes antérieures ([1]) nous avons montré que la durée de certaines diastases des graines était limitée, mais pouvait survivre à la faculté germinative.

La présente Note est relative à l'existence d'une amylase active dans des Blés âgés d'environ 50 ans. Les échantillons ont été prélevés dans une collection de céréales constituée par Godron, vers 1860, et conservés en flacon de verre lutés à la cire, au laboratoire de la Faculté des Sciences de Nancy.

Ces grains sont en bon état, mais ne possèdent plus la faculté germinative, ainsi que nous l'avons constaté.

Voici comment nous avons procédé pour vérifier la présence de l'amylase dans ces graines.

Première série : *Amidon pur, stérile, sans diastases.* — On a pris des tubes à essai contenant 5^{cm^3} d'eau distillée et 1^g d'amidon très pur provenant

---

([1]) Brocq-Rousseu et Edmond Gain : *a. Sur l'existence d'une peroxydiastase dans les graines sèches* (*Comptes rendus,* 16 décembre 1907); *b. Sur la durée des peroxydiastases des graines* (*Comptes rendus,* 9 mars 1908); *c. Oxydases et peroxydiastases des graines* (*Revue générale de Botanique,* t. XXI, 1909).

d'un Blé récent. Deux passages à l'autoclave ont assuré la stérilisation et la destruction des diastases.

Un certain nombre de ces tubes stérilisés ont servi à rechercher s'il y a eu déjà une transformation de l'amidon en sucre du fait de la stérilisation, ou à son début.

A cet effet, on a broyé l'amidon dans de l'eau distillée stérile et, après filtration à la bougie, on a obtenu un liquide clair dans lequel on a recherché les sucres par les méthodes habituelles (liqueur de Fehling et polarimètre). L'examen a montré qu'il n'existe pas de sucre dans l'amidon ainsi préparé.

Deuxième série : *Amidon pur, stérile, additionné de la diastase recherchée.* — Les grains d'un épi de Blé âgé d'environ 50 ans sont broyés avec de l'eau distillée stérile. Après 2 heures de contact et filtration sur bougie, on obtient un liquide contenant une partie de la diastase si elle existe.

Ce liquide sert à ensemencer un certain nombre de tubes d'amidon de la première série avec chacun 2^{cm^3} de la solution.

Troisième série : *Amidon pur, stérile, additionné de la diastase supposée soumise préalablement à l'ébullition.* — D'autres tubes de la première série, en nombre égal, sont ensemencés avec le même filtrat, mais après que celui-ci a subi une ébullition de 15 minutes.

Quatrième série : *Témoins.* — Un lot de tubes de la première série et non ensemencés servent de témoins.

Tous les tubes sont placés à l'étuve à 37°,5.

Des examens sont faits à des intervalles différents pour rechercher s'il y a eu saccharification de l'amidon.

Voici par exemple les résultats de l'une des expériences :

Premier examen (après 14 jours).

Légère liquéfaction et éclaircissement de toute la partie supérieure de l'amidon. On broie l'amidon avec 100^{cm^3} d'eau distillée, on filtre sur bougie.

Tubes contenant la diastase (2e série).	Tubes contenant la diastase bouillie (3e série).	Tubes témoins (4e série).
Liqueur de Fehling = réduction Polarimètre = 1°,6 10^g,41 de sucre par litre	Traces de sucre	Traces de sucre

Deuxième examen (après 30 jours).

(2ᵉ série).	(3ᵉ série).	(4ᵉ série).
Liqueur de Fehling = réduction Polarimètre = 2°,8 20ᵍ,19 de sucre par litre	Traces de sucre	Traces de sucre

La recherche par la liqueur de Fehling montre qu'il y a eu formation de sucres réducteurs ; le mélange des sucres est donc constitué par des dextrines et du maltose.

Conclusions. — 1° Des grains de blé âgés d'environ 50 ans contiennent encore des diastases (dextrinase et amylase) capables de transformer l'amidon en sucre.

2° Les expériences précédentes ne permettent pas de dire si l'action diastasique a conservé, après 50 ans, son intensité initiale. Elles confirment toutefois que la persistance de la faculté germinative des graines n'est pas liée exclusivement au maintien de certaines facultés diastasiques, puisque ces grains de blé ne germent plus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la digestion gastrique des laits de femme et d'ânesse.* Note de M. **Louis Gaucher**, présentée par M. Guignard.

J'ai déjà décrit le processus suivant lequel s'effectue la traversée gastrique du lait de vache et du lait de chèvre, qui se coagulent, comme on sait, en un volumineux caillot. En opérant de la même manière que dans mes expériences précédentes, c'est-à-dire en me servant de chiens porteurs de fistules duodénales permanentes, j'ai étudié le passage à travers l'estomac des laits de femme et d'ânesse, dont le mode de coagulation est un peu différent, et j'ai comparé les deux digestions.

Dès leur arrivée dans l'estomac, le lait de femme, comme le lait d'ânesse, commencent à franchir le pylore, et, dans les 10 ou 15 premières minutes, ils passent en partie dans le duodénum, sans subir aucune modification apparente. Le lait de vache se comporte aussi de la même façon. C'est la première phase de la digestion.

Mais bientôt on voit flotter dans le liquide recueilli des flocons nombreux et très petits, qui gagnent peu à peu le fond du vase. Cet état physique du lait, à sa sortie du pylore, correspond à ce que j'ai décrit, sous le nom de *troisième phase*, dans la digestion gastrique du lait de vache. La deuxième phase, dans laquelle le lactosérum se montre accompagné de gros caillots, se trouve supprimée ici.

La traversée gastrique est terminée en 45 minutes, et le volume total du liquide obtenu, formé du lait et des sacs digestifs, est environ le double de celui du lait ingéré (dans chaque expérience l'animal absorbait 250$^{cm^3}$ de lait).

La caséine dosée dans le liquide, au début et à la fin de la digestion, se trouve répartie de la façon suivante :

	Lait de femme.	Lait d'ânesse.
Caséine émise après 15 minutes de digestion....	3,50	2,96
Caséine émise pendant les 30 minutes suivantes..	1,42	2,01
Total..................	4,92	4,97
Caséine contenue dans 250$^{cm^3}$ du lait ingéré	5,12	5

Ainsi, toute la caséine franchit le pylore, en un espace de temps relativement très court.

Étude de la digestion in vitro. — Lorsque, d'autre part, on maintient à 38° le liquide recueilli durant le premier quart d'heure et formé, à ce moment, de lait mêlé à une faible proportion de suc gastrique, ou, mieux encore, lorsqu'on ajoute à du lait de femme ou d'ânesse, déjà à 38°, une petite quantité de suc provenant d'une digestion précédente, la coagulation est immédiate.

Avec le lait de femme, cette coagulation se traduit par l'apparition de menus flocons qui flottent dans le liquide, jusqu'à ce qu'ils soient complètement digérés. Avec le lait d'ânesse, il y a au contraire formation d'un caillot dont la peptonisation est aussi très rapide, comme l'indique, peu après, la transparence du liquide. Ce caillot, très léger, très peu compact, se laisse facilement dissocier, tandis que le lait de vache, traité de la même manière, s'agglomère en une masse beaucoup plus consistante.

On comprend donc aisément pourquoi la deuxième phase de la digestion, marquée dans le cas du lait de vache par la présence de flocons volumineux, ne se retrouve plus ici et l'on s'explique, en même temps, que des laits de femme et d'ânesse, qui sont déjà moins riches en caséine, soient d'une digestibilité plus grande.

En effet, un quart d'heure après l'ingestion, au moment où le suc gastrique commence à être sécrété avec toutes ses propriétés, il y a, avec le lait de vache, formation d'un bloc qui se contracte presque en même temps, mais dont les mouvements de l'estomac peuvent encore détacher de gros fragments que le lactosérum entraîne avec lui.

Ensuite commence le brassage du caillot, brassage qui doit être énergique pour arriver à le réduire en fines particules et le pousser finalement vers le pylore. Avec le lait de femme, ces gros fragments ne se montrent pas, puisqu'il n'y a pas prise en masse et, avec le lait d'ânesse, s'il y a formation d'un bloc, il est si peu consistant qu'il peut être facilement et finement divisé par les mouvements de l'estomac.

Des expériences et des considérations qui précèdent on peut donc tirer les conclusions suivantes :

1° La traversée des laits de femme et d'ânesse est plus rapide que celle du lait de vache et s'effectue environ deux fois plus vite.

2° La caséine de ces laits, pas plus que celle du lait de vache, n'est peptonisée dans l'estomac. Leur grande digestibilité est due à ce que la caséine, coagulée en petits flocons (lait de femme) ou en un caillot peu consistant et facile à désagréger (lait d'ânesse), peut évacuer l'estomac avec le minimum de travail mécanique.

ZOOLOGIE. — *Protozoaires parasites de l'intestin du Homard.* Note (¹) de MM. **L. Léger** et **O. Duboscq.**

On ne connaissait jusqu'à ces derniers temps, comme Protozoaire parasite de l'intestin du Homard, que la Grégarine classique *Porospora gigantea* E. van Beneden. Or le Homard peut héberger encore d'autres Protozoaires moins communs, que nous signalerons aujourd'hui en relatant les principaux résultats de nos observations sur *Porospora :*

1° *Anoplophrya minima* n. sp. — Ce petit Cilié astome, très rare, habite l'intestin postérieur et le rectum de *Homarus gammarus* L. L'*Anoplophrya minima* n. sp., ainsi que nous l'appelons, est un Infusoire ovoïde ou légèrement réniforme, avec le pôle antérieur arrondi et plus renflé que le pôle postérieur obtusément acuminé. Il mesure en moyenne $25^{\mu} \times 10^{\mu}$, mais la longueur peut varier de 15^{μ} à 30^{μ}. Les stries longitudinales d'insertion ciliaire sont au nombre de 4 à 6 sur chaque face. Le macronucleus, sphérique ou ovoïde, de 9^{μ} est situé un peu en arrière du milieu du corps. Le micronucleus est masqué par de nombreux corpuscules sphériques que nous rapportons à une Chrytridinée parasite. La division de l'individu mère donne deux individus égaux. La conjugaison paraît se faire toujours entre individus semblables.

2° *Aggregata vagans* Lég. et Dub. — Dans l'épaisse paroi conjonctivo-musculaire de l'intestin moyen des Homards de l'Océan et de la Méditerranée se développe fréquemment une *Aggregata,* si voisine par la taille de ses kystes cœlomiques et le caractère de ses gymnospores de notre *Aggregata vagans* des Pagures, que nous la rapportons provisoirement à cette espèce.

3° *Porospora gigantea* E. van Bened. — Dans la partie antérieure de l'intestin moyen, on rencontre chez certains Homards des corpuscules falciformes, libres, mobiles, ayant l'aspect de sporozoïtes grégariniens en voie de croissance. Leur noyau, d'abord subpostérieur, devient médian dans les plus grands. Leur taille varie de 18^{μ}

(¹) Reçue dans la séance du 25 janvier 1909.

à 24^{μ}. On pourrait penser rattacher ces sporozoïtes à l'*Aggregata* précédente, mais leur séjour et leur croissance dans la lumière intestinale, leurs mouvements actifs nous portent plutôt à les considérer comme les stades jeunes de *Porospora gigantea*.

Nous avons toutefois une lacune entre ces stades falciformes et des stades plus grands mesurant 30^{μ} qui représentent sûrement des stades jeunes de Porospora. Ceux-ci, qui ont déjà une zone protoméritique distincte, deviennent les longs sporadins vermiformes de Porospora bien connus depuis les recherches de E. Van Beneden. Nous croyons qu'ils restent toujours solitaires. Ils se comportent en effet comme des schizontes.

Les différentes phases de l'évolution schizogonique de Porospora sont les suivantes : Les longues Grégarines adultes gagnent peu à peu le rectum, où elles se fixent par leur disque protoméritique et s'enkystent. Une sécrétion particulière, distincte de la paroi kystique, se moule dans les replis cuticulaires et fait adhérer solidement le kyste à la paroi rectale.

En certains cas, deux Grégarines se fixent et s'enkystent côte à côte, donnant des kystes doubles qui n'ont nullement la signification d'un accouplement sexuel, chaque individu évoluant en schizonte comme dans un kyste solitaire. A cet effet, du premier noyau, après élimination des gros nucléoles, provient de bonne heure une chaînette de noyaux très petits d'emblée et se multipliant par mitoses. Puis ces noyaux s'éparpillent et se disposent progressivement en un réseau régulier dont les mailles à deux rangs de noyaux correspondront chacune à une spore définitive, c'est-à-dire à une gymnospore à nombreux sporozoïtes radiés. *Porospora gigantea* est donc une Schizogrégarine dont la schizogonie se termine dans les kystes rectaux du Homard et dont la sporogonie reste à découvrir.

Les sporadins accouplés signalés par l'un de nous (Léger, *Thèse*, 1892) dans les Homards de Belle-Isle représentent-ils le début de cette sporogonie, ou bien appartiennent-ils à une Eugrégarine nouvelle du type *Frenzelina?* C'est ce que nous ne pouvons encore décider.

4° *Selenococcidium intermedium*, n. g., n. sp. — Enfin il existe encore dans les Homards un nouveau Sporozoaire du groupe Coccidies-Grégarines que nous désignerons sous le nom de *Selenococcidium intermedium*. Il se présente d'abord sous la forme de vermicules libres réfringents, uninucléés, ayant l'aspect et la mobilité d'un petit nématode et mesurant 100^{μ} de long. Les vermicules pénètrent dans l'épithélium de la région postérieure de l'intestin moyen et grossissent en multipliant leurs noyaux. Au stade de huit noyaux disposés en file, le vermicule se met en boule et devient un schizonte qui se découpe en huit longs schizozoïtes vermiformes, d'abord intriqués les uns dans les autres comme une pelote de vers. Puis ces schizozoïtes se séparent pour quitter l'épithélium et gagner la lumière intestinale.

A la schizogonie qui doit se répéter, car on trouve des schizozoïtes multinucléés, fait suite un processus sexué. Certains schizozoïtes pénètrent à nouveau dans l'épithélium, où ils grandissent en prenant de bonne heure une forme ovoïde et sans multiplier leur noyau. Quand la croissance est terminée, le noyau unique se divise rapidement en un grand nombre de petits noyaux qui gagnent la périphérie, surmontés chacun d'une pointe centrosomienne. En regard de chaque noyau, le protoplasma s'étire dans la direction de cette pointe pour former un microgamète fusiforme. Et ainsi le microgamétocyte donne naissance à une gerbe de très nombreux microgamètes.

Les macrogamètes se forment aux dépens d'individus qui gardent l'état vermiculaire uninucléé jusqu'à la fin de leur croissance. Ils s'enroulent alors en crosse et, peu à peu, se condensent en boule pour donner un macrogamète ovoïde, puis sphérique, à cytoplasme chargé de petites sphérules de réserve et de grains chromatoïdes. A ce stade le macrogamète est dépourvu de paroi. Il en acquiert une aussitôt après la fécondation, que nous n'avons encore pu suivre en détail. L'ookyste sphérique, ainsi entouré d'une paroi très résistante, mesure en moyenne 32^{μ}. Après un court séjour dans l'épithélium, il tombe dans la lumière intestinale où il est entraîné avec les excréments. Mis en observation dans l'eau de mer, les ookystes ne présentent aucune modification, même au bout de plusieurs semaines. Conservés plus longtemps, ils finissent par dégénérer.

Dans l'ignorance où nous sommes de la destinée du contenu de l'ookyste, nous ne pouvons dire s'il s'agit d'un parasite autonome ou seulement d'une partie du cycle d'un autre être.

A première vue, il serait séduisant de rattacher le Selenococcidium au cycle de la Porospora, dont nous ignorons précisément la sporogonie. Cette hypothèse a pour elle la ressemblance des schizozoïtes du Selenococcidium avec de jeunes stades vermiformes de Porospora. Nous restons cependant persuadés que Selenococcidium et Porospora sont deux êtres distincts. Selenococcidium est un parasite localisé qui paraît absent dans les régions où les Homards sont le plus infestés par Porospora. En outre, il a déjà dans son évolution un cycle schizogonique indiscutable, d'un type nouveau et bien différent de celui de Porospora. Remarquons en terminant le haut intérêt que présente le Selenococcidium. Ses stades végétatifs sont ceux d'une schizogrégarine (*Selenidium, Siedleckia*) et son processus sexué celui d'une Coccidie.

ZOOLOGIE. — *Sur la régénération de la partie antérieure du corps chez le Chétoptère.* Note de M. **Ch. Gravier**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le corps du Chétoptère, dont la physionomie est si étrange, présente trois régions bien distinctes : 1° la région antérieure, en forme de plaque rectangulaire, convexe sur la face ventrale, un peu concave sur la face dorsale, percée en avant d'un large orifice buccal et portant des mamelons sétigères sur ses bords latéraux amincis; 2° la région moyenne, composée de cinq segments caractérisés par leurs ventouses ventrales, par les deux grands appendices aliformes du premier segment, par la ventouse dorsale du second seg-

ment et par les grandes palettes des trois derniers segments; 3° la région postérieure, plus normale, compte un nombre variable de segments qui sont tous pourvus d'une rame dorsale et d'une double rame ventrale de chaque côté.

Bien qu'il soit étroitement adapté à son existence spéciale, à l'intérieur de son tube parcheminé qu'il n'abandonne jamais, qu'il paraisse, par suite, à l'abri de tout danger, le Chétoptère s'autotomise très facilement, lorsqu'on veut le saisir par la partie antérieure ou lorsqu'on l'irrite assez fortement. La rupture se fait toujours entre le premier et le second segment de la région moyenne; il y a sans doute là un lien de moindre résistance que ne décèlent aucun caractère externe ni aucun trait anatomique. On n'y observe aucune disposition favorisant l'autotomie rappelant ce qu'on a constaté chez les Crabes, chez les Insectes et chez les Araignées (Frédéricq, de Varigny, Bordage, Godelmann, P. Friedrich, etc.). La même particularité biologique, qui se retrouve chez d'autres Annélides sédentaires (*Polycirrus* Grube, *Anisocirrus* Gravier), a donné lieu à de singulières méprises.

Le tronçon antérieur peut reproduire tout le reste : le fait est connu depuis longtemps. Quant au tronçon postérieur, les uns, comme Joyeux-Laffine, lui ont reconnu le même pouvoir régénérateur qu'au premier; les autres, comme S. Jourdain, pensent qu'il est impuissant à reformer la partie antérieure. Or, M. A.-E. Malard a recueilli à Saint-Waast-la-Hougue un fragment postérieur de *Chætopterus variopedatus* Renier portant en avant un bourgeon de régénération très net et très différencié, malgré ses faibles dimensions. Cet individu incomplet, fortement contracté, mesurant 18^{cm} de longueur, 14^{mm} dans sa plus grande largeur, se compose des quatre derniers segments de la partie moyenne du corps et des vingt-sept segments de la partie posterieure. Grâce à la contraction des fibres circulaires des muscles pariétaux, l'orifice déterminé par la rupture est complètement fermé, et il s'est développé, tout près de la face ventrale, une petite languette ayant $4^{mm},8$ de longueur et la même largeur moyenne, où se retrouvent en miniature toutes les parties à récupérer. En avant, s'ouvre le large entonnoir buccal; de chaque côté, s'insèrent dorsalement les antennes. Les bords latéraux, nettement séparés de la partie médiane (plastron ventral de Joyeux-Laffine), sont munis chacun de douze mamelons sétigères; les soies spéciales du quatrième sétigère sont à peine indiquées. La régénération ne paraît pas s'être faite d'une manière régulière; les deux antennes sont très inégales; certains mamelons sétigères sont moins développés que les autres, tels sont, en particulier, ceux des cinquième et sixième sétigères à gauche (l'animal étant vu par la face dorsale) et celui du septième à droite. Le douzième sétigère est encore très petit; il est armé de quelques très fines soies seulement; sa rame ventrale n'est pas encore ébauchée. Il est probable qu'un stade ultérieur de régulation aurait fait disparaître ces inégalités.

Quant au premier segment de la région moyenne du corps, il est encore

plus rudimentaire; de très légers bourrelets transversaux marquent l'emplacement futur de la première ventouse ventrale. Les rames dorsales aliformes du même segment, auxquelles l'animal doit son nom, n'ont encore que des dimensions très restreintes; leurs gouttières vibratiles sont déjà bien visibles; celle de la ligne médiane dorsale de la région antérieure du corps, dans laquelle les précédentes se continuent, est beaucoup moins nette.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que le nombre normal des segments sétigères de la région antérieure du corps est de 9 de chaque côté; il est parfois de 10, plus rarement de 11, très exceptionnellement de 12; il y a quelquefois un segment de plus d'un côté que de l'autre. Or, le nombre des segments régénérés dans l'exemplaire recueilli à Saint-Vaast-la-Hougue correspond au maximum, 12; la nature ne paraît pas avoir manifesté ici les tendances économiques qu'on a si souvent rappelées. Dans les cas de régénération naturelle, on ne connaît malheureusement pas, en général, le nombre des segments autotomisés ou mutilés; ce qu'on peut affirmer dans le cas qui nous occupe, c'est que la régénération est au moins totale. Il y a peut-être même plus; il arrive parfois, en effet, que la partie régénérée est plus développée ou plus complexe que celle qu'elle remplace, comme Barfurth, Davenport, Borradaille, etc. l'ont constaté chez divers groupes d'animaux. Quoi qu'il en soit, il est certain que chacun des fragments d'un Chétoptère qui s'autotomise peut reconstituer les parties qui lui manquent et donner lieu à un individu normal.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques Plumulariidæ de la collection du British Museum.* Note de M. **Armand Billard**, présentée par M. Edmond Perrier.

Cette Note clôturera la série des Notes préliminaires que j'ai consacrées à l'étude des Hydroïdes de la collection du British Museum ([1]). Les espèces dont je complète ou rectifie la description ou la synonymie appartiennent aux deux Mémoires d'Allman cités dans ma Note précédente, ainsi qu'à un important travail de Busk ([2]).

([1]) Voir les *Comptes rendus* des 26 octobre, 16 novembre, 14 décembre 1908 et 18 janvier 1909.

([2]) *An account of the Polyzoa and sertularian Zoophytes collected in the voyage of the* Rattlesnake, *etc.* (*Narrative of the voyage of H. M. S. Rattlesnake.* Appendix n° IV, 1852).

La seconde variété du *Plumularia campanula* décrite par Busk n'est autre que le *P. secundaria* L. Je me range à l'avis de Kirkpatrick, qui considère l'*Antennularia decussata* Kirchenp. comme synonyme d'*A. cymodocea* Busk (ce nom ayant la priorité), mais je ferai remarquer que la présence, à la base des hydroclades, de cinq ou six articles précédant le premier article hydrothécal, tient à ce qu'il y a eu rupture suivie de réparation; normalement, il n'existe qu'un seul article basal avec une dactylothèque. L'article hydrothécal porte une dactylothèque médiane inférieure et deux latérales; quand il existe deux articles hydrothécaux, il est séparé par un article intermédiaire muni d'une dactylothèque. La disposition est donc la même que chez l'*A. antennina* L.; cette espèce en diffère surtout par la forme de la gonothèque qui se termine par un col; les épaississements intrahydrocladiaux sont aussi plus fortement accentués et il existe souvent un faible épaississement correspondant au fond de l'hydrothèque, ce qui n'existe pas chez l'*A. antennina*.

L'examen de l'espèce type *Halicornaria cornuta* Allm. me permet de confirmer qu'il s'agit bien de l'*H. arcuata* Lamx., opinion que j'avais émise précédemment. Les deux échantillons types de l'*H. mitrata* Allm. correspondent au *Lytocarpus filamentosus* (Lamk.); le nom d'Allman doit donc tomber en synonymie.

Les deux espèces types de Busk, *Plumularia phœnicea* et *P. aurita,* sont identiques et doivent être réunies sous le nom de *Lytocarpus phœniceus* Busk. Bale ([1]) nous a montré la variabilité de cette espèce. Le *Lytocarpus phœniceus* type correspond à la figure 1 de Bale (*Pl. XV*); le dessin qui se rapproche le plus de ce qu'on pourrait appeler *L. phœniceus auritus* (remplaçant le *Plumularia aurita* qui tombe en synonymie et constitue une variété) est la figure 5 de la même planche, sauf que la dent médiane est faiblement développée.

Le *Plumularia* (*Aglaophenia*) *brevirostris* Busk n'a pas encore été figuré et je comblerai cette lacune plus tard. Son attribution au genre *Aglaophenia* est douteuse, car le gonosome est inconnu. L'hydrothèque est semblable à celle de l'*Halicornaria gracilicaulis* Jäderh.; elle est aussi munie d'un repli intrathécal oblique vers le haut, auquel correspond un épaississement dans l'hydroclade; mais le bord de l'hydrothèque, au lieu d'être entier, possède trois dents latérales et une médiane. Busk ne compte que deux dents laté-

---

([1]) *Catalogue of the australian hydroid Zoophytes,* Sydney, 1884.

rales, mais il y en a bien trois; la dactylothèque médiane paraît canaliculée sur toute sa longueur.

Le *Plumularia* (*Aglaophenia*) *ramosa* Busk type correspond point pour point à la description que donne Bale de l'*Aglaophenia divaricata* (Busk). Or la forme étudiée par Bale a été reconnue conforme au type par Busk lui-même. D'après cela ces deux espèces n'en forment qu'une à laquelle nous conserverons le nom d'*Aglaophenia divaricata* (Busk) qui a acquis droit de cité par la description et les figures soignées qu'en a données Bale. Maintenant il résulte de la lecture attentive des mémoires d'Allman (1876 et 1886), de l'examen critique des figures concernant ses *Aglaophenia acanthocarpa*, *A. laxa* et *Lytocarpus ramosus* et de leur comparaison avec la préparation de l'*Aglaophenia divaricata* Busk, qu'il s'agit d'une seule et même espèce complètement identique à cette dernière, les noms donnés par Allman tombent donc en synonymie.

Enfin, à mon avis, les *Aglaophenia acutidentata* Allm. et *A. chalarocarpa* Allm. ne diffèrent pas de l'espèce de nos côtes, *A. pluma* L., et il n'y a pas lieu de les en séparer. L'*A. chalarocarpa* Allm. du British Museum (cotype provenant du Cap de Bonne-Espérance, comme le type non conservé) n'est autre que *A. Pluma* L.

PARASITOLOGIE. — *Sur un Protozoaire nouveau du Gondi.* Note de MM. C. Nicolle et L. Manceaux, transmise par M. Laveran.

Dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, 26 octobre 1908), nous avons signalé l'existence d'un Protozoaire nouveau, différent de *Piroplasma quadrigeminum*, chez un rongeur nord-africain, le Gondi (*Ctenodactylus gondi*). Notre description était basée sur l'étude de deux animaux infectés, morts depuis quelques heures au moment de notre examen. Cette circonstance défavorable nous avait obligés à quelques réserves. Celles-ci peuvent être levées aujourd'hui. Nous venons d'examiner en effet 45 Gondis provenant, comme les premiers, des Matmata (Sud-tunisien) et capturés en novembre 1908; sur l'un d'eux nous avons retrouvé l'infection cherchée.

Chez cet animal, le piroplasme, dont la présence est presque constante dans l'espèce, manquait.

Voici le résultat de l'autopsie pratiquée dans de bonnes conditions, peu de temps après la mort spontanée de l'animal :

Poids du corps : 275g. La rate est énorme et friable; elle mesure 5,5 × 3,3 × 0,45

et pèse 5g; le foie est également hypertrophié, il pèse 16g (chez le Gondi normal du même poids, la rate pèse en moyenne 0g,8 et le foie 10g à 11g); aucune hypertrophie ganglionnaire.

A l'*examen microscopique*, présence de parasites très nombreux dans le foie, la rate, les ganglions mésentériques; assez abondants dans les poumons et les reins, plus rares dans la moelle des os et le sang du cœur.

Nous ne répéterons pas, au sujet de la morphologie du parasite, une description déjà faite; nous nous bornerons à préciser ou corriger quelques détails de notre étude antérieure.

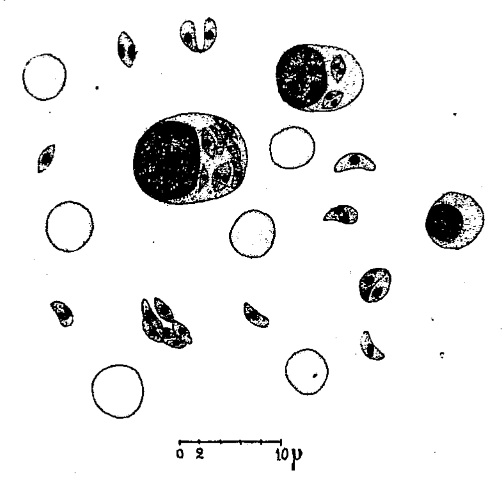


Fig. 1. — Différents aspects de *Toxoplasma gondii*.

La *forme type* du parasite à l'état libre est celle d'un croissant dont une des extrémités serait plus effilée que l'autre. Examiné à l'état frais, il se montre *immobile;* ses dimensions sont alors de 6µ à 7µ sur 3µ à 4µ. Sur les préparations colorées, le noyau est généralement ovoïde et central. *Il n'existe pas de centrosome;* les figures exceptionnelles attribuées à ce corps dans notre première description se rapportent à une ébauche de division du noyau.

Les *formes de multiplication* sont extrêmement fréquentes. Tout individu qui perd son aspect en croissant pour devenir ovale ou arrondi présente déjà un début de segmentation du noyau. La division se fait par *bipartition.* Dans le protoplasme des cellules infectées, les parasites sont généralement disposés par deux ou par paires; il en est de même dans les *gangues* provenant de la rupture du protoplasme cellulaire.

Les éléments parasités sont ou bien des *mononucléaires* de toutes dimen-

sions dont les plus volumineux peuvent héberger jusqu'à 40 Protozoaires, ou bien des *polynucléaires* véritables. Nous n'avons jamais rencontré de parasites dans les globules rouges ou dans les cellules épithéliales (cellules hépatiques, rénales, etc.).

Avec la rate de cet animal (Gondi 45), nous avons inoculé 5 Gondis dans le péritoine; 2 Macaques *cynomolgus,* l'un sous la peau, l'autre dans le péritoine; 3 Rats et 4 Cobayes, ces derniers animaux dans le péritoine. Seuls, les Gondis ont été infectés. Ils sont morts après 7 à 11 jours. A leur autopsie, nous avons noté des lésions analogues : épanchement péritonéal abondant avec fausses membranes sur le foie, la rate et l'intestin. Rate hypertrophiée (4^g à 5^g) et friable; foie gros. Mêmes localisations et mêmes formes du parasite que dans l'infection naturelle. Le liquide péritonéal montre de nombreux macrophages et polynucléaires bourrés de Protozoaires; chez plusieurs animaux, il y a infection streptococcique coexistante. Un Gondi présente une poussée aiguë de piroplasmose déterminée sans doute par l'inoculation.

Avec le virus (rate et liquide péritonéal) de trois de ces Gondis infectés expérimentalement, nous avons inoculé des Cobayes dans le foie ou la cavité péritonéale. Sur un total de 8 animaux inoculés, un seul a contracté une infection légère qui n'a pu être transmise en série à d'autres Cobayes. Voici l'observation de cet animal :

Cobaye 12, inoculé dans le foie avec le virus dn Gondi 51; mort le quatrième jour de l'inoculation : rate, foie, ganglions mésentériques hypertrophiés, péritonite avec épanchement. Nombreux parasites généralement libres dans la rate, le foie et le liquide péritonéal; on peut compter exceptionnellement jusqu'à 10, 20 ou 30 Protozoaires dans des mononucléaires. Les formes de division sont nombreuses.

Des cultures ont été tentées avec le virus du Gondi infecté naturellement et avec celui des Gondis de passage sur milieu Novy-Mac Neal classique ou simplifié; elles n'ont donné aucun résultat.

Nos recherches permettent de séparer nettement le parasite nouveau découvert par nous chez le Gondi des divers Protozoaires déja connus. Il se différencie en effet des *Leishmania,* dont il reste voisin, par l'absence de centrosome, des *Hémogrégarines* par son mode de division et son inoculabilité, des *Piroplasmes* par la présence d'un noyau véritable et son siège dans les cellules blanches. Nous estimons qu'il appartient à un genre nouveau, non encore décrit, plus éloigné encore des *Trypanosomes* que les *Leishmania,* et nous proposons, pour désigner ce genre nouveau, le nom de *Toxoplasma* (de τοξον, arc). Le nom du parasite du Gondi sera donc *T. gondii.*

Près de lui et dans le même genre viendra se placer un autre Protozoaire découvert au Brésil par M. Splendore chez le Lapin. Ce parasite, que nous avons pu étudier sur des préparations qui nous ont été aimablement adressées par notre collègue, est morphologiquement identique au Protozoaire que nous venons de décrire.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Traitement chimique de la bile. Séparation des acides biliaires.* Note de M. **M. Piettre**, présentée par M. Roux.

Étant donné un milieu organique, il est très intéressant d'en séparer aussi méthodiquement que possible tous les éléments. Ce mode de recherches exige la mise en œuvre d'un poids notable de matière; bien que long et pénible, il permet non seulement d'isoler les divers principes immédiats mais de les obtenir en quantité suffisante.

I. Nous avons pris pour types les biles de bœuf, de veau, de porc, de chien, de poisson (congre : *conger vulgaris* Cuv.)

Cette dernière a été recueillie aux Halles centrales, jour par jour, dans des récipients contenant quelques centimètres cubes de chloroforme et conservés à la glacière. La bile de chien provient de la fourrière ([1]) municipale de Paris; celle des autres animaux était extraite, au laboratoire, des vésicules prises dans les abattoirs de la Villette et de Vaugirard.

Au point de vue de leur consistance, ces produits d'origines diverses doivent être rangés en deux catégories : biles fluides (chien, porc, veau), biles muqueuses (bœuf, congre). La bile de bœuf est homogène; celle de congre contient des masses ovoïdes de la grosseur d'une noix ou d'un œuf de pigeon, extrêmement visqueuses.

Les biles fluides sont soumises à un traitement éthéré, renouvelé aussi longtemps que l'éther entraîne de matière soluble. Il est souvent bon, pour éviter une émulsion trop tenace, de diluer la bile d'un quart, d'un tiers ou même de son volume d'eau distillée et d'agiter avec précaution, surtout pour le premier épuisement, le mélange bile-éther.

Pour rompre l'état muqueux des biles de bœuf et de congre qui en rend le travail si difficile, on les sèche et on les reprend par leur volume d'eau primitif.

Après ce traitement direct ou indirect par l'éther, la bile séchée au bain-marie, puis à l'étuve à 40°, est pulvérisée et traitée par de l'alcool méthylique fort au réfrigérant ascendant. Le solvant laisse un insoluble floconneux et salin plus ou moins considérable. Cette matière recueillie sur filtre, lavée à fond, contient des corps étrangers en

---

([1]) Grâce à l'extrême obligeance de M. Grosperrin, surveillant chef du Service vétérinaire sanitaire de la Seine, nous avons obtenu plusieurs litres de bile de chien.

suspension dans la bile (flocons fibrineux, débris cellulaires), des mucines, des acides amidés libres et une partie des sels minéraux.

La liqueur alcoolique chauffée à l'ébullition est additionnée, goutte à goutte, d'une solution de mètholate de baryte $(CH^3O)^2Ba$, faite à saturation suivant la formule de MM. Etard et A. Vila. Il se fait une défécation qui entraîne les pigments à l'état de combinaison minérale. On doit cesser l'addition du réactif barytique dès que le milieu devient légèrement alcalin.

Après carbonatation la solution est débarrassée de l'alcool méthylique par distillation dans le vide. On peut désormais travailler sur une très belle substance, incolore. Redissoute dans l'eau distillée, soumise à un nouveau traitement par l'éther, séchée au bain-marie, à l'étuve, elle est conservée à l'abri de l'humidité. Nous avons ainsi isolé la masse des sels biliaires dont la séparation est si délicate (voir Tableau, col. 4).

L'insoluble (Tableau, col. 1), isolé par l'épuisement de la bile sèche à l'alcool méthylique bouillant, abandonne facilement les sels minéraux solubles dans l'eau.

Les éthers d'extraction, provenant du traitement de la bile liquide et de la masse des sels biliaires, contiennent l'ensemble des acides gras, savons, graisses, lécithines, cholestérines (Tableau, col. 5).

Le précipité barytique pigmentaire (Tableau, col. 3), mis à digérer avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 10 pour 100, puis lavé à neutralité, séché et pulvérisé, donne la bilirubine par épuisement au chloroforme ou au chlorure de benzyle [1] et la totalité des pigments qui l'accompagnent par l'alcool aiguisé d'acide chlorhydrique.

Nous donnons comme application de la méthode les résultats suivants obtenus par le traitement d'un litre de bile de chaque espèce animale :

	Volume.	1. Résidu sec.	2. Mucines et sels.	3. Précipité pigmentaire de défécation barytique.	4. Sels biliaires.	5. Extrait éthéré.
Chien.......	1000	240	6,3	11	197	11
Porc........	»	155	9,3	7	120	18
Veau.......	»	111	4,66	5,3	91	5
Bœuf.......	»	170	21,3	6,2	132	6
Congre.....	»	150	7,2	8,5	128	7

II. Au cours de ces recherches sur la bile, nous avons pu constater la présence de taurine en quantité très notable dans certaines conditions bien déterminées.

En traitant de la bile de chien conservée depuis 1903 en présence de chloroforme, nous avons, en effet, remarqué que l'insoluble dans l'alcool méthylique contenant les mucines était léger, brillant, formé d'un feutrage d'aiguilles cristallines, qui ont été identifiées à la taurine.

Cette libération est fort importante; elle atteint 22g de taurine par litre.

L'influence du temps, dans ce phénomène, paraît être capitale; des essais répétés avec de la bile fraîche de bœuf, veau, mouton, chien ont donné des résultats négatifs.

---

(1) PIETTRE, *Comptes rendus*, 28 décembre 1908.

Les manipulations auxquelles on soumet la bile fraîche, l'évaporation au bain-marie et même l'ébullition ne provoquent aucune saponification appréciable du taurocholate de soude.

L'intervention d'agents microbiens ne saurait être invoquée dans ce cas particulier. Des cultures aérobies et anaérobies ont démontré que le milieu était stérile; d'ailleurs, il était saturé de chloroforme, de réaction acide au tournesol et, d'autre part, si les bactéries cultivent volontiers dans les biles de bœuf, veau, porc, homme, etc., leur multiplication est très faible dans celle de chien.

Il se peut que le chloroforme ait fourni, dans ce long intervalle de temps, une légère quantité d'acide, cause de libération de la taurine. Nous avons constaté précisément, dans une série d'expériences, combien est active l'influence des acides, même très étendus, sur la saponification des taurocholates.

III. On sait que les méthodes de séparation des acides biliaires sont basées sur l'emploi des sels de plomb (acétate et sous-acétate); des sels de fer, d'urane, d'alun, etc. Nous avons déjà dit qu'elles sont infidèles à cause des entraînements d'un acide par l'autre.

Pour la même raison, la différence de solubilité de ces deux acides ne peut être utilisée.

En possession des sels biliaires cristallisés obtenus séparément par des méthodes spéciales, nous avons pu vérifier les données classiques et tenter de nouvelles recherches dont voici les premiers résultats.

Si, dans une solution de glycocholate de soude, on ajoute de l'eau de baryte saturée à froid, il se produit un abondant précipité floconneux, blanc, qui se rassemble et tombe au fond du récipient.

Ce précipité est un sel de baryum; peu soluble à froid, il le devient notablement à chaud. Cette différence de solubilité permet de l'obtenir cristallisé sous forme d'une belle substance blanche contenant 14 pour 100 de baryum.

Au contraire, dans une solution de taurocholate de soude, l'eau de baryte ne produit aucun précipité et l'excès de baryte peut être enlevé par carbonatation.

Dans un mélange des deux sels biliaires, le glycocholate seul est précipité à l'état de sel de baryum; la liqueur, débarrassée par CO^2 de l'excès de baryum, rend par dessiccation son poids primitif d'acide taurocholique.

En ce qui concerne la bile, nous avons déjà appliqué avec succès cette nouvelle technique.

En résumé, dans cette partie de notre travail, nous sommes parvenus à une séparation analytique des sels biliaires avec une certitude qui n'avait pas encore été obtenue jusqu'ici.

MÉDECINE. — *Action hypotensive de la d'Arsonvalisation dans l'hypertension artérielle permanente.* Note de MM. **M. Letulle** et **A. Moutier**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Depuis quelques mois nous avons pu, grâce à une généreuse intervention, entreprendre à l'hôpital Boucicaut une série de recherches sur l'action thérapeutique des courants de haute fréquence.

Nous exposerons, dans cette première Note, les résultats que nous avons obtenus quant à l'action hypotensive de ces courants sur l'hypertension artérielle permanente.

Nous avons utilisé, pour la production de ces courants, un meuble d'Arsonval-Gaiffe à circuit magnétique fermé, alimenté par le courant de l'hôpital et relié à une cage à fil continu.

La pression artérielle fut toujours mesurée au niveau des artères radiales au moyen des appareils dont chacun de nous avait l'habitude : le sphygmomanomètre de Potain, pour l'un; le sphygmomètre de Bloch, pour l'autre.

Nous avons suivi dix-neuf malades; bien que les résultats aient été les mêmes pour tous, nous n'en retenons que douze; les sept autres n'ayant, par suite de circonstances particulières, été mensurés que par l'un de nous.

Ayant observé ensemble les douze autres cas, nous résumons dans le Tableau suivant les mensurations prises d'une manière simultanée par l'un et l'autre appareils, avant et après les séances :

	Mensurations prises avant et après les séances avec l'appareil			
	de Potain		de Bloch	
	avant.	après.	avant.	après.
M. R. (obs. 2)	19,5	17,5	17	15
M. B. (» 71)	22,5	17	22	16
M. R. (» 6)	19,5	17,5	19	15,5
M. M. (» 11)	21	16,5	22	16
M. B. (» 35)	18	13	21	17
M. G. (» 36)	19	16,5	17	15
M. D. (» 1)	»	22	11	18
(1 heure plus tard)	20	pas de séance	17,5	» »
(3 jours après)	18	id.	15	»

		Mensurations prises avant et après les séances avec l'appareil			
		de Potain		de Bloch	
		avant.	après.	avant.	après.
M. J. (obs. 45)	1re séance...........	22,5	»	23	18
	2e »	18	»	18	15
	quelques jours après.	16,5	pas de séance	15	» »
M. M. (obs. 17)	1re séance...........	27	23	23	19
	2e »	20	»	15	15
	3e »	23	21	15	14,5
	quelques jours après.	16	pas de séance	14,5	»
M. D. (obs. 23)	1re séance...........	21	19	21	19
	2e »	»	18,5	19	17,5
	3e »	»	17	17	15
M. G. (obs. 24)	1re séance...........	23	»	23	»
	2e »	»	18,5	19	17,5
	3e »	»	16	16	15
M. B. (obs. 64)	1re séance...........	»	»	21 (1)	15
	2e »	»	»	17	15
	quelques jours après.	15	pas de séance	15	»
	10 jours plus tard....	15	id.	15	»

On peut conclure que :

1° Les chiffres obtenus à l'aide des deux appareils de mesure sont souvent presque identiques; ils sont toujours comparables; il y a cependant lieu de faire des réserves pour certains cas, chez les *hypertendus détendus*. Nous aurons à revenir, dans une Note complémentaire, sur ce point.

2° D'une façon générale, nos résultats viennent confirmer, une fois de plus, ceux que l'un de nous a déjà eu l'honneur d'exposer à l'Académie (2). D'autres observateurs, placés dans des conditions instrumentales semblables aux nôtres, sont arrivés aux mêmes résultats.

(1) Ce chiffre a été contrôlé par les deux observateurs.

(2) *Comptes rendus* des 30 juin 1903, 21 mars, 30 mai et 18 juillet 1904.

MÉDECINE. — *L'antimoine dans la syphilis.* Note de M. **Paul Salmon**, présentée par M. Roux.

Après avoir constaté, en 1907, la valeur de l'arsenic comme médicament de la syphilis, nous avons entrepris l'étude des propriétés curatives de l'antimoine dans cette maladie, à cause de la parenté chimique qui relie ces deux métaux, As et Sb. D'autre part, une certaine analogie de chimiothérapie (par l'arsenic, par exemple) rapproche les spirilloses et les trypanosomiases; il était intéressant de vérifier si l'antimoine, capable de détruire les trypanosomes, agirait de même contre les spirilles, celui de la syphilis en particulier. Nos recherches ont été faites, à titre préventif, sur le singe et, à titre curatif, sur l'homme.

Tout d'abord nous nous sommes adressé aux composés organiques. M. Étard a préparé deux éthylstibines, l'une en solution opalescente, l'autre était une éthylstibine iodée, en cristaux très solubles dans l'eau, et la solution, limpide, stérilisable par la chaleur sans décomposition. Cinq animaux, injectés avec l'une de ces stibines, ont été préservés de la syphilis. Voici la dernière de ces expériences :

Un macaque *Rhesus* reçoit, les 3e, 5e, 7e, 9e et 11e jours après l'inoculation du virus, une injection d'iodure d'éthylstibinium (12^{cg}, dose totale). Deuxième *Rhesus :* injection les 9e et 11e jours de 2^{cg} et 3^{cg} de la même substance. Troisième *Rhesus :* injection les 3e, 5e et 7e jours de la stibine sans iode.

Ces trois singes restent indemnes, tandis qu'un témoin devient syphilitique.

Par contre, nous avons échoué avec l'antimoine métallique et l'antimoniate de soude. Parmi les sels solubles, nous avons eu des résultats inconstants avec l'émétique. Si deux singes [1], traités par des doses de 1^{cg} par kilogramme, n'ont pas contracté la syphilis, quatre singes, malgré le tartrate de soude ou le tartrate de potasse et d'antimoine, ont été infectés.

Cependant, bien que l'antimoine, sous forme de composé tartrique, ait une valeur préventive variable (expérimentalement), nous nous sommes adressé, dans la thérapeutique appliquée à l'homme, à l'émétique dont Manson, Broden et Rodhain viennent de signaler l'emploi contre la maladie du sommeil. Voici nos résultats, classés suivant la nature des lésions syphilitiques :

(1) Paul Salmon, *L'antimoine dans les spirilloses pathogènes* (*Bulletin de la Société de Pathologie exotique,* n° 10, 1908).

Chancre : six cas de cicatrisation rapide et un insuccès. Roséole : action douteuse. Syphilides papuleuses : cinq cas avec disparition des papules. Plaques muqueuses : six cas avec amélioration ou guérison. Syphilides tertiaires : sept cas; un insuccès, (syphilis maligne, syphilides ulcéreuses), et chez six malades (syphilides ulcéreuses de la verge, de la face, du bras; gommes de la jambe, fermées et ouvertes; syphilides tertiaires de la langue), six résultats favorables.

L'antimoine (sous forme d'émétique) est donc un médicament actif dans la syphilis. Mais si les lésions primaires, secondaires et tertiaires peuvent rétrocéder, guérir, les rechutes de cette spirillose se produisent parfois très rapidement; ces faits sont à rapprocher de la faible action préventive du tartrate d'antimoine chez les singes et de la notion de résistance des spirilles à l'émétique (Ehrlich, Mesnil). Pour terminer, quelques renseignements techniques :

Injecter dans la veine une solution d'émétique de potasse à 1 pour 100 [1]; l'injection est indolore. Commencer par 5^{cg} à 7^{cg} pour atteindre progressivement 8^{cg} à 10^{cg}, en injections quotidiennes (la dose thérapeutique varie de 5^{cg} à 8^{cg}). Nous avons pratiqué 223 injections intra-veineuses de 5^{cg} à 10^{cg} d'émétique sans incident sérieux; cinq individus ont présenté des signes d'intolérance (toux, nausées); dans un seul cas (injection de 10^{cg} d'emblée) nous avons provoqué le vomissement; dix-huit malades, soit la majorité, ont parfaitement supporté le traitement.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de la boucle de l'Ogôoué.* Note de M. **Arsandaux**, présentée par M. A. Lacroix.

Au cours d'une série de voyages au Gabon (Congo français) exécutés entre 1905 et 1908, j'ai suivi divers itinéraires dans le bassin de l'Ogôoué, principalement au sud de ce fleuve, à l'est de la N'Gounié, dans la boucle de l'Ogôoué.

Dans ce territoire, à côté de roches éruptives, affleurent des roches sédimentaires de types distincts : les unes, anciennes, plus ou moins plissées, métamorphisées ou non; les autres, postérieures aux précédentes, constituées par des grès blancs horizontaux assimilables aux roches de même nature qu'on rencontre en maints endroits de l'Afrique intertropicale et qu'on rattache à la série du Karoo.

Les granites constituent la très grande majorité des roches éruptives; des diabases ne sont qu'accessoires.

Ces granites, en moyenne de couleur claire, souvent amphiboliques, sont, pour la

[1] La solution de 1 pour 1000 serait mieux tolérée par le tissu cellulaire en cas d'injection poussée en dehors de la veine (L. Martin).

plupart, d'un type banal; seule, une masse de ces roches, de faible extension (Haute-Likoko), présente de l'intérêt, le diopside y jouant le rôle d'élément coloré essentiel. Ils offrent des variétés pegmatiques, et souvent ils présentent des formes pressées, de facies plus ou moins gneissique, ainsi que des associations avec des amphibolites, particulièrement au voisinage des roches sédimentaires plissées, leur schistosité plus ou moins apparente se parallélisant, dans ce cas, à celle de ces dernières roches.

Les diabases, qui sont d'un type commun, sont réparties çà et là au milieu des granites, en masses et peut-être en filons peu importants; elles sont fréquemment riches en magnétite et ne semblent pas offrir de formes pyritisées.

Les roches sédimentaires plissées, non métamorphiques, sont constituées par des arkoses, des schistes noirs, compacts, considérés jusqu'à présent comme primaires; des quartzites, dont certains présentent des facies psammitiques.

Les roches métamorphiques qui, toutes, présentent un facies schisteux, plus ou moins accentué, sont caractérisées par l'abondance du quartz et la rareté des feldspaths; ce sont des quartzites à minéraux (grenat, biotite, amphibole vert clair peu pléochroïque, graphite, muscovite, magnétite, principalement; zoïzite, chloritoïde, dans un petit nombre de cas), roches qui, lorsque certains des minéraux lamellaires abondent, constituent de véritables micaschistes, schistes amphiboliques ou graphitiques, généralement grenatifères.

Dans cette troisième catégorie, la magnétite caractérise une série indépendante; ce minéral, en effet, ne se trouve jamais associé à l'un de ceux énumérés plus haut [1].

En raison de la végétation intense, et de l'épais manteau latéritique s'étendant presque partout à la surface du pays, les affleurements rocheux sont rares, les contacts des diverses formations à peu près constamment masqués; par suite, les relations mutuelles qu'on tente d'y établir, tout en étant parfois fort probables, ne sont qu'exceptionnellement basées sur des coupes indiscutables; comme, d'autre part, il n'a jamais été découvert de fossile dans la région étudiée, l'âge individuel de ces terrains, tels que Barrat a tenté de l'établir (analogies de facies lithologiques, etc.), ne peut être basé que sur des données incertaines et imprécises.

C'est en tenant compte de ces dernières considérations, que je vais présenter très sommairement la constitution de la boucle de l'Ogôoué.

Au sud du bassin de l'Ogôoué, dans la région de haute altitude (700^m à 1100^m) où prennent leur source, de part et d'autre, la plupart des affluents

(1) Au groupe des roches métamorphiques, il faut rattacher en outre, selon Barrat, les calcaires dolomitiques de Lastoursville.

de l'Ogôoué (rive gauche) et la N'Gounié, la Nyanga et la Louété [1], j'ai traversé à peu près complètement un vaste massif granitique s'étendant avec continuité entre l'Ikobey (sous-affluent de la N'Gounié) et le Lebagny (Ogôoué supérieur).

A l'ouest et au nord de ce massif, entre la N'Gounié, l'Ogôoué et la Lopé, la majeure partie du pays est constituée (de la Lopé à N'Djolé) par les roches métamorphiques quartzifères, auxquelles succèdent, dans la région de N'Djolé, des arkoses bien caractérisées, puis, jusqu'à l'embouchure de la N'Gounié, principalement des schistes. En divers endroits, des îlots granitiques apparaissent au milieu de ces roches stratifiées.

La partie occupée par les roches métamorphiques, plissée d'une façon intense, comprend une série de chaînes parallèles à une direction moyenne NNE-SSO (celle des plissements), entre lesquelles sont établies les vallées de quelques tributaires de l'Ogôoué.

Sur tout le restant du pourtour du massif granitique (abstraction faite de la partie méridionale, sur laquelle je ne possède encore aucune donnée), on observe, par ordre d'importance : des quartzites, des grès, des schistes primaires, des arkoses, des calcaires dolomitiques. Ces diverses roches (sauf les grès) ont subi des plissements, peu intenses en général, suivant une orientation variant du NNE-SSO au NE-SO. Dans toute cette zone, çà et là, comme précédemment, mais avec beaucoup plus de fréquence, apparaissent des îlots granitiques.

Barrat semble avoir attribué une part importante à l'influence du magma granitique dans le métamorphisme des roches sédimentaires de la boucle de l'Ogôoué. Mes observations ne me portent pas à partager cette opinion, car, d'une part, en général, on ne constate pas d'accentuation notable du métamorphisme au voisinage du granite, et d'autre part, là où le métamorphisme est généralisé, le granite n'apparaît que rarement, alors qu'il est fréquent au milieu des terrains sédimentaires sensiblement intacts.

Les grès, qui dominent sur les parties élevées de notre région périphérique orientale, ne semblent guère dépasser, vers l'Ouest, le cours de la Lolo; on les rencontre toujours à des altitudes variant de 450^m à 700^m.

---

(1) C'est dans la partie médiane de cette région qu'est indiqué sur les cartes l'emplacement des monts Birogou. Je ferai remarquer, d'une part, qu'un massif montagneux individualisé ne semble pas exister dans cette région; d'autre part, que le nom de *Birogou* n'y est affecté par les indigènes à aucune montagne ou groupement de montagnes.

Ils sont incontestablement postérieurs à toutes les autres roches du pays; parmi ces dernières, les schistes dits *primaires* sont, sans doute, les plus anciennes, à peu près contemporaines, probablement, des roches quartzeuses métamorphiques.

Le granite, aux dépens duquel les arkoses se sont vraisemblablement formées, me semble antérieur, dans la majorité des cas, aux roches sédimentaires. Il constitue une formation considérable qui, à la périphérie de sa masse principale dominant tout le pays, a été mise à découvert, çà et là, par les effets de l'érosion; celle-ci a fait apparaître les îlots dont il a été question plus haut et qui occupent en général des lieux de faible altitude, des fonds de vallées principalement.

M. **Darget** adresse une Note *Sur la radioactivité humaine*.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie présente par l'organe de son Doyen, M. Troost, la liste suivante de candidats pour occuper la place devenue vacante par suite du décès de M. *A. Ditte* :

En première ligne. . . . . M. **Jungfleisch**

En deuxième ligne, par ordre alphabétique. . . MM. **Étard**, **Lebel**

En troisième ligne, par ordre alphabétique . . . MM. **Béhal**, **Bouveault**, **Colson**, **Hanriot**, **Moureu**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 25 janvier 1909 (suite).

Determinazione di un punto al vertice di piramide e relativa compensazione (*Il Politecnico*, Milano, 1902).

Il problema di Snellius ampliato in generale e relativa compensazione (*L'Ing. civ.*, Torino, 1902, t. XXVIII).

Influenza degli errori angolari nel problema di Snellius ampliato (*L'Ing. civ.*, Torino, 1902. t. XXVIII).

Ouvrages reçus dans la séance du 1er février 1909.

Cinquantenaire de la Société chimique de France, 1857-1907. Paris, Gauthier-Villars, 1900; 1 vol. in-4°. (Présenté en hommage par M. A. Gautier.)

Bulletin de la Société de Pathologie exotique; siège de la Société : Institut Pasteur, Paris. Tome I, 1908. Paris, Masson et Cie; 1 vol. in-8°. (Présenté en hommage par M. Laveran.)

Trabalhos da Academia de Sciencias de Portugal; primeira serie, t. I. Lisbonne, 1908; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'Académie des Sciences de Portugal.)

Echini. The genus Colobocentrotus, by Alexander Agassiz, with forty-nine plates. (*Reports on the scientific results of the Expedition to the tropical Pacific*, in charge of Alexander Agassiz, by the U. S. Fish Commission Steamer *Albatross*, from august 1899 to march 1900, commander Jefferson F. Moser, U. S. N., commanding; XI.) [*Mem. of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College*; t. XXXVI, n° 1.] Cambridge, États-Unis, 1908; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Flore plaisancienne des argiles cinéritiques de Niac (Cantal), par L. Laurent, avec une *Introduction géologique*, par Pierre Marty. (*Annales du Muséum d'Histoire naturelle de Marseille : Géologie*, t. XII.) Marseille, 1908; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Zeiller. Hommage de l'auteur.)

Voyage zoologique en Khroumirie (Tunisie), mai-juin 1906, par Henri de Kerville, avec quatre Mémoires du comte Carl Attems, d'Ignacio Bolivar, du Dr Raphael Blanchard et de Louis Germain, sur les Myriapodes, les Insectes orthoptères, les Hirudinées et les Mollusques récoltés pendant ce voyage; 30 planches en noir et 1 figure dans le texte. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1908; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Miscellanées zoologiques, par Henri Gadeau de Kerville, avec 22 planches et 35 figures, 2e fascicule. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Notice nécrologique sur J.-F. Nery Delgado (1835-1908), par PAUL CHOFFAT. Lisbonne, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Contribution à la connaissance du Lias et du Dogger de la région de Thomar, par PAUL CHOFFAT. Lisbonne, 1908; 1 fasc. in-8°.

Observatorio di Marina de San Fernando. Carta fotográfica del Cielo : Zona — 7°. Hojas nos 42, 126, 129, 138, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 159, 169 y 170. 20 feuilles in-plano.

Publications of the Lick Observatory, printed by authority of the Regents of the University of California; t. VIII. Sacramento, 1908; 1 vol. in-4°.

Le mode planétaire, par VINCENT ARNOULD; fasc. 1-3. Bruxelles, 1908; 3 fasc. in-8°.

Altitude and azimuth Tables for facilitating the determination of lines of position and geographical position at sea the simplest and readiest in solution, by RADLER DE AQUINO. Washington, 1908; 1 fasc. in-8°.

Die Wahrnehmung der Lichtes und der Farben, von F.-W. EDRIDGE-GREEN. Berlin, 1909; 1 fasc. in-8°.

Im Zeichen der Fulgurogenesis-Theorie, von EDUARD LŒWENTHAL. Leipzig, 1908; 1 fasc. in-8°.

Spigolature Aldrovandiane, par G.-B. DE TONI. VIII : *Nuovi documenti intorni a Giacomo Raynaud farmacista di Marsiglia ed alle sue relazioni con Ulisse Aldrovandi*. Venise, 1909; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 8 FÉVRIER 1909.

Exposé des titres et travaux scientifiques de M. HANRIOT. Corbeil, Ed. Crété, s. d.; 1 fasc. in-4°.

Mouvements et déformations de la croûte terrestre. Marées de l'écorce. Exhaussements et affaissements séculaires du sol. Altérations lentes du géoïde, par M. CH. LALLEMAND. (Extr. de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour l'an 1909.) Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Icones mycologicæ, par BOUDIER; 5e série livraison 22. Paris, Paul Klincksieck, 1909; 20 planches numérotées renfermées dans un carton in-4°.

Le plus ancien Traité français d'Algorisme, par VICTOR MORTET, avec un glossaire et deux fac-similés. (Extr. de *Bibliotheca mathematica*.) Leipzig, B.-G. Teubner, 1908; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. J. Tannery. Hommage de l'auteur.)

Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage, survenus pendant l'année 1907; publié par le Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Paris, Imprimerie nationale, 1908; 1 vol. in-8°.

Annales de l'Institut Pasteur, 23e année, t. XXIII, n° 1, 25 janvier 1909; 1 fasc. in-8°.

Revue pédagogique, nouvelle série, t. LIV, n° 1, 15 janvier 1909. Paris, Delagrave; 1 fasc. in-8°.

Wissenschaftlich-praktische Murman-Expedition. Bericht über die Tätigkeit 1903-1904, von L.-L. BREITFUSS. Saint-Pétersbourg, 1906-1908; 2 vol. in-4°.

Register der Stationen und Arbeiten der Murman-Expedition vom Bord des « Andrei Perwoswanny » im Barents- und Weissenmeere in Jahren 1889-1904. Saint-Pétersbourg, 1906; 1 fasc. in-4°.

Della protezione offerta dai parafulmini e di alcuni quesiti sulla natura del fulmine, per IGNAZIO GALLI. Rome, 1908; 1 fasc. in-4°.

Dipsacan und Dipsacotin, ein neuer Chromogen und ein neuer Farbstoff der Dipsaceæ, von TINE TAMMES. (Extr. du *Recueil des Travaux botaniques néerlandais,* t. V, 1908) Groningue; 1 fasc. in-8°.

The Flora of the Presidency of Bombay, by THEODORE COOKE; t. II, part V. *Aracæ to Gramineæ,* with index. Londres, 1908; 1 vol. in-8°.

Report of the Commissioner of Education for the year ended june 30, 1907; t. I and II. Washington, 1908; 2 vol. in-8°.

Reports to the Evolution Committee of the Royal Society; Report IV. Londres, 1908; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(T. CXLVII, Séance du 28 décembre 1908.)

Note de MM. *A. Guntz* et *W. Broniewski,* Sur la résistance électrique des métaux alcalins, du gallium et du tellure :

Page 1475, ligne 12, *au lieu de* $r_t = (2F + T) \times$ const., *lisez*

$$r_t = (2F + T)T \times \text{const.}$$

Page 1476, ligne 4, *au lieu de* au-dessus de leur point de fusion, *lisez* au-dessous de leur point de fusion.

(Séance du 11 janvier 1909.)

Note de M. *Darboux,* Sur les familles de Lamé engendrées par le déplacement d'une surface qui demeure invariable de forme :

Page 68, formule (13), *au lieu de* $\frac{1}{\sin\theta}$, *lisez* $\frac{1}{\sin^2\theta}$.

(Séance du 18 janvier 1909.)

Note de MM. *L. Léger* et *O. Duboscq,* La reproduction sexuée chez les Actinocéphalides :

Page 190, ligne 13, *au lieu de* P. Léger, *lisez* L. Léger.

Page 192, ligne 6 en remontant, *au lieu de* moléculaires, *lisez* nucléaires.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 FÉVRIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Construction des systèmes orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides de Dupin.* Note de M. **Gaston Darboux.**

Dans une Note présentée à l'Académie le 1er février 1909 (p. 269 de ce Volume), M. A. Demoulin revient sur la détermination que j'ai donnée, l'année dernière, des systèmes triples orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides de Dupin, et il obtient une interprétation géométrique très élégante des conditions analytiques auxquelles j'avais été conduit dans ma seconde solution, celle qui repose sur l'emploi des coordonnées pentasphériques (voir les Notes des *Comptes rendus* et le Mémoire détaillé inséré au Tome LI des *Mémoires de l'Académie*, p. 20).

Je voudrais revenir ici sur la proposition de M. Demoulin pour la compléter, en la rattachant à ma première solution, et pour montrer comment on obtient effectivement, par une construction géométrique ne laissant place à aucune indétermination, les familles de Lamé qui sont composées de cyclides de Dupin.

1. Je rappellerai d'abord quelques propriétés élémentaires de la cyclide. On sait que ses cercles de courbure passent, les uns par deux points a, a', les autres par deux points b, b', et que le quadrilatère $aba'b'a$ appartient à la catégorie de ceux dont j'ai si souvent étudié les propriétés et dont tous les côtés sont de longueur nulle. Les sphères de rayon nul formées par les points a, a' se coupent suivant un cercle (K') passant en b, b'; les points-sphères b, b' se coupent de même suivant un cercle (K) qui contient les

points a, a'. Les tangentes au cercle (K) en a et a', les tangentes au cercle (K′) en b, b' concourent en un même point O. Ce point est le centre de la sphère (Σ) qui passe en a, b, a', b' et qui contient, par conséquent, les côtés du quadrilatère $aba'b'a$. Les cercles (K) et (K′), que j'ai appelés les *cercles focaux* de la cyclide, sont orthogonaux à la sphère (Σ), que nous désignerons sous le nom de *sphère principale*.

Le quadrilatère $aba'b'$ ou, si l'on veut, les cercles focaux et la sphère (Σ), ne suffisent pas à définir la cyclide. Il y a une infinité de cyclides ayant les mêmes quatre points doubles. Elles sont engendrées, soit par les cercles qui coupent le cercle (K) en a, a' et font avec lui un angle constant φ, soit par les cercles qui coupent le cercle (K′) en b, b' et font avec lui un angle constant ψ. Pour une même cyclide, les angles φ et ψ sont liés par la relation

$$\sin\varphi \sin\psi = 1.$$

Lorsqu'on se donne les points doubles ou, si l'on veut, les cercles focaux, les deux coniques focales qui sont les lieux des centres des deux séries de sphères inscrites à la cyclide sont tangentes, l'une en a, a' au cercle (K), l'autre en b, b' au cercle (K′).

Enfin, la cyclide est coupée à angle droit, et suivant un cercle de courbure, par les sphères qui contiennent l'un des deux cercles focaux.

Dans toutes ces propriétés, il y en a un grand nombre, et c'est là une remarque essentielle, qui sont en quelque sorte indifférentes à l'inversion. Si l'on soumet, en effet, la cyclide à cette transformation, les points doubles, les cercles focaux, la sphère (Σ) se transforment dans les éléments analogues relatifs à la transformée. Les angles φ et ψ sont également conservés.

2. Ces points étant rappelés, considérons une famille quelconque de sphères (S). Leurs centres M décrivent une courbe que j'appellerai (M). Le plan radical de (S) et d'*une* sphère infiniment voisine appartenant à la famille coupe (S) suivant un cercle (K), qui est le cercle de contact de (S) avec son enveloppe (E). Le centre du cercle (K) se trouve sur la tangente en M à (M), et son plan est perpendiculaire à cette tangente.

Prenons maintenant l'axe radical de (S) et de *deux* sphères infiniment voisines. Cet axe radical coupera le cercle (K) en deux points a, a', qui seront les points d'intersection des trois sphères infiniment voisines. Les points a, a' décriront respectivement des courbes (A), (A′), qui seront les deux branches de l'arête de rebroussement de l'enveloppe (E) et seront

tangentes respectivement en a, a' au cercle (K); de telle manière que, contrairement à ce qui a lieu d'habitude, ce cercle aura une enveloppe à deux branches, composée des courbes (A), (A′) qu'il touchera en a, a respectivement.

Prenons maintenant le centre radical de (S) et de *trois* sphères infiniment voisines. Ce centre radical sera à l'intersection de la droite aa' et de sa position infiniment voisine. On peut dire que le plan du cercle (K) enveloppe une développable qu'il touche suivant la droite aa'; cette droite touche à son tour l'arête de rebroussement de la développable, arête que nous désignerons par (P), en un point P, qui est évidemment le centre radical de (S) et des trois sphères infiniment voisines, c'est-à-dire *qui est le centre d'une sphère* (T) *orthogonale à* (S) *et aux trois sphères infiniment voisines*.

3. Ainsi *à toute famille de sphères* (S), *on peut associer une autre famille de sphères* (T), *déterminée par la condition que* (T) *soit orthogonale à* (S) *et à trois sphères infiniment voisines de la première famille*. Il y a là une notion qui doit jouer un rôle essentiel dans l'étude si importante des familles de sphères.

J'ajoute que la relation entre les deux familles de sphères est réciproque. Chacune d'elles joue le même rôle par rapport à l'autre. Pour le voir, sans calcul, on peut raisonner comme il suit.

Prenons dans la première famille une suite discrète de sphères infiniment voisines

$$(S_1),\ (S_2),\ (S_3),\ (S_4),\ (S_5),\ \ldots\ (S_i),\ \ldots$$

Construisons les sphères

$$(T_1),\ (T_2),\ (T_3),\ (T_4),\ (T_5),\ \ldots,\ (T_i),\ \ldots,$$

(T_1) étant orthogonale aux quatre premières sphères de la première suite, (T_2) à celles de rang 2, 3, 4, 5; (T_3) à celles de rang 3, 4, 5, 6, et ainsi de suite. Il est clair que, de même que (T_4) est orthogonale à (S_4) et aux trois sphères qui la suivent, (S_4) est orthogonale à (T_4) et aux trois sphères qui la précèdent. En supposant que la première suite se resserre de plus en plus, on obtient la propriété de réciprocité qu'il s'agissait d'établir et que, d'ailleurs, le calcul met aussi en évidence presque immédiatement.

4. D'après cela, si l'on considère les sphères (T), le plan radical de (T) et d'une sphère infiniment voisine coupera (T) suivant un cercle (K′). L'axe

radical de (T) et de deux sphères infiniment voisines sera la tangente en M à (M) et coupera le cercle (K′) en deux points b, b', qui décriront des courbes (B), (B′). Ces courbes seront les arêtes de rebroussement de l'enveloppe (E′) des sphères (T) et seront tangentes à (K′). Les points a, a', qui sont les points d'intersection de trois sphères (S) orthogonales à la fois à (T) et à la sphère infiniment voisine de cette seconde série, seront par cela même à une distance nulle de tous les points du cercle (K′); et, de même, b, b' seront à une distance nulle de tous les points du cercle (K). De sorte que *les deux cercles* (K), (K′) *et les quatre points* a, a', b, b' *seront entre eux dans la relation que nous avons reconnue aux deux cercles focaux et aux quatre points doubles d'une cyclide de Dupin.*

Le centre de la sphère (Σ) qui contient les côtés du quadrilatère $aba'b'$ est le pôle de aa' par rapport au cercle (K), ou celui de bb' par rapport au cercle (K′). Par suite, conformément à la proposition de M. Demoulin, cette sphère est normale, en a, a', b, b', respectivement, aux cercles (K) et (K′), c'est-à-dire aux courbes (A), (A′), (B), (B′) décrites par ces quatre points. On peut encore la définir en remarquant qu'elle coupe à angle droit (S) et la sphère infiniment voisine de la même famille, (T) et la sphère infiniment voisine de la seconde famille.

5. Il n'y a plus, pour obtenir la famille de Lamé la plus générale composée de cyclides de Dupin, qu'à construire les cyclides admettant les quatre points doubles variables a, b, a', b'. Elles pourront être engendrées, par exemple, par des cercles coupant le cercle (K) aux points a, a' et faisant avec lui un angle constant, qui pourra varier quand on passera d'une cyclide à l'autre. Les deux familles complétant le système triple seront composées d'enveloppes de sphères qui passeront, les unes par le cercle (K), les autres par le cercle (K′). Elles seront déterminées, on l'a vu, par deux équations de Riccati.

En résumé, si l'on veut se borner à l'essentiel, on peut donner la construction suivante :

On envisage une famille quelconque de sphères (S). Pour chaque sphère, on construit le cercle (K) d'intersection avec la sphère infiniment voisine et les deux points a, a' qui lui sont communs avec *deux* sphères infiniment voisines. Ces points sont nécessairement sur le cercle (K). Et l'on n'a plus qu'à construire les cyclides engendrées par des cercles qui coupent (K) en a, a' et font avec ce cercle un angle constant. La famille de Lamé ainsi obtenue dépend de quatre fonctions arbitraires : celles, au nombre

de trois, qui déterminent la famille de sphères, et l'angle φ, qui peut varier d'une manière quelconque quand on change la sphère (S).

6. On peut encore éviter l'emploi de toute sphère en considérant les deux courbes (A), (A') comme les deux branches d'une courbe (C) et les deux courbes (B), (B') comme les deux branches d'une courbe (Γ). Alors (C) peut être caractérisée comme l'enveloppe d'un cercle variable (K) par lequel elle est touchée en *deux* points, et (Γ) est une des focales de (C) engendrée par les foyers du cercle (K) [(c'est-à-dire par les centres des sphères de rayon nul passant par (K)]. On est ainsi conduit à l'énoncé suivant :

On considère une courbe quelconque enveloppe d'un cercle variable (K) *par lequel elle est touchée en deux points a, a'. La cyclide variable ayant pour points doubles a, a' et les foyers du cercle* (K) *engendre la famille de Lamé la plus générale formée de cyclides de Dupin.*

Il y a une infinité de moyens d'obtenir dans l'espace les courbes touchées en deux points par un cercle. Sur le plan et sur la sphère, il n'y a qu'à prendre l'enveloppe d'un famille de cercles. Dans l'espace, on peut procéder comme il suit :

Construisons dans le plan, ou sur la sphère, une famille de cercles (K). Chaque cercle (K) touche son enveloppe en deux points a, a' et la droite aa' enveloppe une courbe (H). Déformons (H), sans changer sa courbure en chaque point, de manière qu'elle entraîne ses tangentes et, par conséquent, les points a, a'; ceux-ci vont se placer dans l'espace sur une des courbes cherchées.

7. Revenons à l'énoncé plus complet auquel nous avons été conduits tout d'abord. Il permet de rattacher très simplement l'une à l'autre les deux solutions du problème que j'ai données dans mon Mémoire. On voit d'abord que les deux courbes (M) et (P) enveloppées respectivement par les tangentes bb' et aa' sont précisément celles qui ont été employées dans la première solution et qui sont dans une relation telle que la tangente à chacune d'elles est perpendiculaire au plan osculateur de l'autre.

Si l'on prend maintenant deux sphères (Σ_1), (Σ_2) passant par le cercle (K) et orthogonales entre elles, puis deux sphères (Σ_4), (Σ_5), également orthogonales et passant par le cercle (K'), les cinq sphères

$$(\Sigma_1),\quad (\Sigma_2),\quad (\Sigma),\quad (\Sigma_4),\quad (\Sigma_5),$$

définiront le système de coordonnées pentasphériques qui figure dans ma seconde solution.

8. Toutes les méthodes précédentes, qui n'emploient aucune intégration pour la détermination de la famille de cyclides, paraissent exiger au contraire, pour la détermination des familles associées, l'intégration de deux équations de Riccati.

En rédigeant mon Mémoire, j'aurais dû me rappeler un théorème général énoncé à la page 68 de mes *Leçons sur les coordonnées curvilignes et les systèmes triples orthogonaux*. Ce théorème permet de construire, sans aucune intégration, *non seulement la famille des cyclides, mais les deux familles orthogonales qui lui sont associées*.

Il repose sur l'emploi de la transformation suivante, dont l'origine se trouve dans une proposition de Ribaucour : Étant donnée une surface (Σ) et une sphère (S), que nous appellerons *sphère principale* de la transformation, on construit le cercle normal en un point M à (Σ) et orthogonal à (S); puis on fait correspondre à M un point M_0 du cercle, tel que le rapport anharmonique des deux points M_0, M, et de ceux où le cercle rencontre (S), soit un nombre donné. Il est clair que cette transformation deviendra infinitésimale si le rapport anharmonique est très voisin de l'unité.

9. D'après cela, prenons une surface quelconque (Σ) et une suite définie de sphères infiniment voisines (S_1), (S_2), ..., à chacune desquelles nous associerons un rapport anharmonique infiniment voisin de 1. Soit $1+\varepsilon_1$, $1+\varepsilon_2$, ... la suite de ces rapports anharmoniques. Soumettons (Σ) à la transformation de Ribaucour définie par la sphère (S_1) et le rapport $(1+\varepsilon_1)$; puis la surface résultante à la transformation définie par (S_2) et le rapport $1+\varepsilon_2$, et ainsi de suite. Nous avons établi qu'on obtient ainsi une famille de Lamé, dont peut faire partie toute surface (Σ), et qui dépend de *quatre* fonctions arbitraires d'*une variable*. Nous avons montré de plus qu'on peut obtenir, sans aucune intégration, non seulement la famille de Lamé ainsi définie, mais encore les trajectoires orthogonales des surfaces qui la composent.

Comme c'est le propre de la tranformation de Ribaucour de transformer une cyclide de Dupin en une autre cyclide de Dupin, on voit que le théorème précédent nous permettra de faire dériver de toute cyclide une famille dépendante de quatre fonctions arbitraires, composée de cyclides dont on obtiendra sans intégration les trajectoires orthogonales. Il suffira ensuite d'associer toutes celles de ces trajectoires orthogonales qui rencontrent un même cercle de la surface primitive, pour obtenir les deux familles d'en-

veloppes de sphères qui complètent le système triple. Et il sera facile de reconnaître que les quatre points doubles des cyclides décrivent des trajectoires orthogonales de la sphère (Σ) qui les contient.

10. Je ne veux pas terminer ces remarques générales sans indiquer au moins une application. En voici une qui me paraît élégante.

J'ai montré autrefois qu'il y a une infinité de cyclides de Dupin inscrites à une surface du second degré. Leurs points doubles sont distribués sur deux des focales, de telle sorte qu'elles forment trois familles distinctes. *Chacune de ces familles fait partie d'un système triple orthogonal, dont les deux autres familles sont algébriques.*

Il y a plus : si l'on considère les cyclides d'une même série (c'est-à-dire ayant leurs points doubles sur les mêmes focales) inscrites à une quadrique *ou à une des quadriques homofocales,* elles forment un système doublement infini dans lequel on peut isoler une infinité de familles, qui dépendront d'une fonction arbitraire. *Toutes ces familles font partie d'un système triple orthogonal et l'on peut déterminer par des quadratures (qui peuvent même être évitées) les familles associées.*

11. Il y a des théorèmes tout semblables pour les cyclides générales. Il existe une infinité de cyclides de Dupin inscrites à une cyclide générale (C), et leurs points doubles sont sur deux des cinq focales de (C); de sorte qu'elles forment dix familles distinctes. *Ces dix familles sont des familles de Lamé.*

On peut généraliser de même le théorème relatif aux cyclides inscrites dans des quadriques homofocales. Mais je réserve la démonstration de tous ces résultats, et d'autres qui les comprennent, pour le Mémoire détaillé.

GÉOLOGIE. — *Tectonique des terrains paléozoïques au nord-ouest et au nord de Sablé (Sarthe).* Note de M. **D.-P. Œhlert.**

Les couches paléozoïques qui constituent le géosynclinal de Brest-Sablé occupent, vers l'Est, au moment où elles vont disparaître sous les dépôts jurassiques restés sensiblement horizontaux, une largeur de 35^{km}, alors que, vers le milieu de leur parcours, elles se trouvent réduites à 2^{km} à peine. Cette inégalité dans la largeur du géosynclinal est le résultat de poussées venant du Sud, lesquelles ont provoqué non seulement l'écrase-

ment de certaines couches, mais, plus encore, la disparition en profondeur de quelques-unes d'entre elles, par suite du rapprochement des bords du géosynclinal entraînant celui des flancs des synclinaux secondaires. Un fait des plus frappants, et qui n'est d'ailleurs que l'effet de cette même cause, s'observe à la limite méridionale du géosynclinal de Brest-Sablé, le long de laquelle les couches les plus anciennes (base de l'Ordovicien) manquent ou ne sont plus représentées que par de minces lambeaux. Ces mouvements de poussée, ainsi que le sens de leur direction, du Sud vers le Nord, sont encore rendus plus évidents par suite du mode d'inflexion qui affecte parfois certaines couches redressées : celles-ci, tout au moins dans la partie voisine des affleurements, se déversent toujours vers le Nord et deviennent parfois presque horizontales, avec chevauchement dans cette même direction.

Ce même mouvement de poussée s'observe également au nord de Laval; les deux bandes que forme le grès à *Orthis Monnieri*, dans le flanc nord du géosynclinal, n'étant que le résultat d'un double pli, dont l'anticlinal sud s'est transformé par places en un pli-faille. Cet accident se retrouve plus à l'Est, et se poursuit entre Argentré et Vaiges sur 14^{km} de longueur.

De même, aux environs de Sablé, région que j'ai étudiée pour le Service de la Carte géologique de France, des accidents analogues, mais plus nombreux et plus variés, viennent coucourir à prouver l'existence de cette même poussée. Au nord et au nord-ouest de cette ville, sur un parcours de 11^{km}, grâce à des affleurements fréquents et à des travaux d'exploitation, on suit d'une façon continue les couches dévoniennes et carbonifères qui constituent le flanc sud du bassin anthracifère de Solesmes-Saint-Loup; la superposition de ces assises, ainsi que le pendage des couches, sont constamment normaux; l'inclinaison est donc Sud; toutefois, pendant 1^{km} environ, les couches se redressent, deviennent verticales, puis se déversent vers le Nord. Le mouvement de renversement, qui dans cette zone a affecté l'ensemble des assises carbonifères et dévoniennes, n'a plus actuellement qu'une importance locale, puisqu'il ne se produit que sur 1^{km} en direction, et qu'en profondeur il s'atténue graduellement pour disparaître vers 110^{m} et reprendre, à un niveau inférieur, son pendage normal Nord. A cette zone de gauchissement correspondent des cassures transversales aux bandes de schistes, calcaires et grès dévoniens et carbonifères, lesquelles, aidées par l'érosion, ont favorisé une modification dans la direction primitive du cours de la Vaige.

Au nord de Sablé, près de la carrière de Port-Étroit, l'effet de la poussée

sud se traduit par l'écrasement d'une des assises faisant partie intégrante du flanc sud du même bassin. Les couches de schistes, grès et anthracites, auxquelles sont associées des andésites interstratifiées, sont laminées et disparaissent même complètement, permettant ainsi aux schistes et calcaires dévoniens fossilifères de rejoindre le calcaire carbonifère à *Productus giganteus,* ne laissant plus de place pour le Culm inférieur. Il est à remarquer que, là encore, cet accident n'a en direction qu'une extension limitée et qu'il en est de même en profondeur, car les travaux d'exploitation souterrains ont permis de reconnaître que les couches anthracifères retrouvent en profondeur leur importance et leur développement normal.

Dans le flanc nord du même bassin, on constate un accident de nature différente, mais fournissant comme les autres une nouvelle preuve de la poussée sud-nord. On constate en effet, dans le bourg de Juigné, la présence de deux écailles : la bande plissée de grès à *Orthis Monnieri* qui enserre d'un double bourrelet l'extrémité orientale du bassin de Solesme, se transformant en deux plis actuellement renversés et ayant perdu leurs flancs inverses. Ce renversement des couches a eu sa répercussion plus au Nord, où les couches du flanc sud du bassin anthracifère de Juigné-Avoises (calcaire à *Productus giganteus* et Culm supérieur) ont été fortement plissées et même déversées vers le Nord. Sur le prolongement de ces mêmes couches, à 12^{km} à l'Ouest, près de la ferme de Pineau, ce même accident se reproduit, mais d'une façon beaucoup plus intense; les couches de schistes violacés (Culm inférieur) y sont déversées jusqu'à devenir horizontales, présentent des traces de laminage et sont, par suite de leur renversement, couchées sur le calcaire à *Productus giganteus, Endothyra, Saccamina*, etc.

Nous indiquerons encore, vers le Nord, près de Viré, l'existence d'une couche de poudingue appartenant au Culm, dans laquelle tous les galets, en quartzite, quelquefois en quartz, sont impressionnés, avec traces de pénétration et d'éclatement; les morceaux, dans ce dernier cas, ont été recollés par du quartz. Cet effet mécanique sur des roches aussi résistantes ne saurait être attribué qu'à une pression énergique produite par des masses sédimentaires actuellement disparues.

Enfin nous devons signaler, entre Viré et Mareil, le déplacement vers le Nord d'une série de couches dévoniennes et siluriennes qui, rompant avec leur allure régulière ONO-ESE, décrivent vers le Nord un arc dont la flèche est de 10^{km} et la corde de 20^{km}. Les couches siluriennes ont, dans ce chevauchement, envahi la région cambrienne dont elles masquent les différentes assises en les recouvrant. Cet accident ne s'est produit que sur 20^{km} environ en largeur, car si l'on considère l'une de ces assises, le grès à *O. Monnieri* par exemple, dont l'allure est accusée par le relief du sol, on suit sa remontée vers le Nord, la courbe frontale qu'il décrit, puis son retour

vers le Sud; cette direction est bientôt abandonnée et les couches reprennent vers le Sud-Ouest leur allure normale : constatation qui peut être faite grâce aux affleurements visibles dans les vallées situées plus à l'Est, et le long desquelles l'érosion a fait disparaître les dépôts jurassiques.

En résumé, la bordure méridionale du géosynclinal de Brest-Sablé, ainsi que celles des synclinaux des Coëvrons et de Pail situés plus au Nord, ont été particulièrement affectées par les poussées venant du Sud. Lorsque les flancs nord ont subi des dislocations, celles-ci se traduisent par des écailles ou par des déplacements en masse des couches. Les lignes de contacts anormaux se poursuivent en général sur de grandes distances, tandis que les renversements de couches, les écailles et les chevauchements, ne se propagent ni en profondeur, d'après ce que montrent les travaux miniers souterrains, ni en étendue longitudinale, d'après l'étude des affleurements. Ces accidents montrent, dans ce cas, qu'ils ne sont plus que des témoins isolés de mouvements d'une plus grande amplitude s'étant exercés sur des couches enlevées par l'érosion.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Chimie, en remplacement de M. *A. Ditte*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 47 :

M. Jungfleisch obtient	....	38 suffrages
M. Lebel »	....	7 »
M. Béhal »	....	1 »
M. Colson »	....	1 »

M. Jungfleisch, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'établissement d'une liste de deux candidats qui devra être présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la Chaire de *Physique générale et expérimentale*, vacante au Collège de France par le décès de M. *E. Mascart*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre des votants étant 48,

M. Langevin obtient	. . . .	47 suffrages
M. Leduc »	. . . .	1 »

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre des votants étant 46 :

M. P. Weiss obtient	. . . .	28 suffrages
M. Leduc »	. . . .	15 »
M. Turpain »	. . . .	2 »

Il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne	M. **Langevin**
En seconde ligne	M. **P. Weiss**

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1909.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Mathématiques : *Prix Francœur, prix Bordin.* — MM. Jordan, Poincaré, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Maurice Levy, Darboux, Boussinesq.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Alfred Picard, Vieille.

Cette Commission est également chargée de présenter une *question de grand prix des Sciences mathématiques*, pour l'année 1912.

Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet, Vaillant, Boileau.* — MM. Maurice Levy, Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Schlœsing, Haton de la Goupillière, Poincaré.

Ont ensuite obtenu le plus de suffrages : MM. Bertin, Villard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *question de prix Fourneyron* pour l'année 1912.

NAVIGATION : *Prix extraordinaire de la Marine, Plumey.* — MM. Maurice Levy, Bouquet de la Grye, Grandidier, Boussinesq, Deprez, Léauté, Bassot, Guyou, Sebert, Hatt, Bertin, Vieille.

ASTRONOMIE : *Prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, Damoiseau* (prix de 1908 prorogé à 1909), *G. de Pontécoulant.* — MM. Wolf, Radau, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Darboux, Lippmann, Poincaré.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Appell.

GÉOGRAPHIE : *Prix Tchihatchef, Gay.* — MM. Bouquet de la Grye, Grandidier, Bassot, Guyou, Hatt, Bertin, Ph. van Tieghem, Perrier, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Lacroix.

Cette Commission est également chargée de présenter une *question de prix Gay* pour l'année 1912.

PHYSIQUE : *Prix Hébert, Hughes, Gaston Planté, La Caze.* — MM. Lippmann, Vieille, Amagat, Gernez, Bouty, Villard, Maurice Levy, Cailletet, Poincaré.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Boussinesq.

CHIMIE : *Prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), La Caze.* — MM. Troost, Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Schlœsing, Carnot, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, Roux.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE : *Grand prix des Sciences physiques, prix Delesse, Victor Raulin* (*a*, prix prorogé de 1908 et *b*, prix de 1909), *Joseph Labbé.* — MM. Michel Lévy, Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Perrier, Zeiller, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Grandidier, Bonnier.

BOTANIQUE : *Prix Desmazières, Montagne, De Coincy, Thore.* — MM. Bornet, Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Mangin, Ph. van Tieghem, Perrier, Chatin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bouvier, le prince Roland Bonaparte.

CORRESPONDANCE.

M. Le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui autorise MM. les Secrétaires perpétuels à accepter, au nom de l'Académie, la donation faite par la *Société des Aciéries de Longwy* et la *Société métallurgique de Gorcy*.

M. **Ph. van Tieghem** présente au nom de M. *G. Briosi*, professeur de Botanique à l'Université de Pavie, pour la Bibliothèque de l'Institut, la collection complète des *Atti* de l'Institut botanique de l'Université de Pavie. Cette collection comprend dix Volumes de Mémoires botaniques, publiés par M. Briosi et par ses élèves, de 1888 à 1908.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Compte rendu de la campagne* 1907-1908 *du Service géologique des Territoires sud de l'Algérie*, par M. G.-B.-M. Flamand. (Présenté par M. A. Lacroix.)

2° Les trois premiers Volumes de la *Collection de Monographies ethnographiques*, par Cyr. van Overbergh. (Présenté par M. le Prince Roland Bonaparte.)

M. **F. Bernard**, écrivant de Saïgon et M. **G. Pagano**, de Palerme, adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions accordées à leurs travaux dans la dernière séance publique.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1908 *c* (*Morehouse*), *faites à l'Observatoire d'Athènes, avec l'équatorial de Gautier* ($0^m,40$). Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

Observations de la comète.

Dates. 1908.	Temps moyen d'Athènes.	Δα.	ΔⱣ.	Nombre de compar.	Étoiles.
	h m s	m s	′ ″		
Novembre 28.....	6.41.43	−0.42,21	+0.18,8	13: 6	1
Décembre 1.....	6.28. 6	+1.53,03	+1.36,8	10:10	2
Décembre 3.....	6.30. 5	+1. 3,42	−6.55,6	6: 6	3
Décembre 4.....	6.13.24	−1. 1,99	−0.12,8	11: 9	4

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1908,0.

★	Gr :	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Reduction au jour.	Autorités.
		h m s	s			
1	9	18.51. 7,54	+0,63	94°.38′.24″,6	−4″,6	Munich$_1$ 18.027
2	8,7	18.48.25,96	+0,64	96.40.29,9	−3,8	Wien-Ottakring 6.420
3	8,9	18.49.12,72	+0,65	98. 5.37,9	−3,4	Wien-Ottakring 6.427
4	9,2	18.51 16,81	+0,66	98.36.22,7	−3,3	Wien-Ottakring 6.456

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1908.	Temps moyen d'Athènes.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s			
Novembre 28...	6.41.43	18.50.25,96	$\bar{1}$,626	94°.38′.38″,9	$0,751_n$
Décembre 1...	6.28. 6	18.50.19,63	$\bar{1}$,628	96.42. 2,9	$0,758_n$
Décembre 3...	6.30. 5	18.50.16,79	$\bar{1}$,636	97.58.38,9	$0,759_n$
Décembre 4...	6.13.24	18.50.15,48	$\bar{1}$,625	98.36. 6,5	$0,765_n$

PHYSIQUE. — *Effet sélectif dans l'ionisation d'un gaz par un champ alternatif.* Note (1) de M. **Henry A. Perkins**, présentée par M. Lippmann.

Dans une Communication à *The American Journal of Science*, Vol. XXV, juin 1908, j'ai annoncé un phénomène assez curieux qui se présente dans le cas d'un tube vidé jusqu'au point où la colonne positive remplit le tube d'une lueur blanche, mais sans que la fluorescence cathodique y paraisse.

Le dispositif était le suivant (*fig.* 1). Un pôle d'un transformateur, T, est lié à un anneau métallique R, qui entoure le tube. L'autre pôle est au sol. L'anneau peut être déplacé suivant l'axe, comme l'indiquent les flèches. Un galvanomètre d'une sensibilité de l'ordre de 10^{-9} ampère est dans le circuit des électrodes d'aluminium A et B. Dans le cas cité, un courant continu de l'ordre de 10^{-7} ampère au maximum est indiqué par le galvanomètre, mais il change suivant la position de l'anneau.

Dernièrement, j'ai examiné ce phénomène avec un appareil tout à fait analogue à celui déjà décrit, avec cette seule différence que le tube était toujours en communication avec une trompe à mercure par une tubulure partant d'un bout, afin de produire les pressions diverses dans l'espace ionisé. Si l'on

(1) Présentée dans la séance du 8 février 1909.

excite l'anneau par un transformateur donnant environ 2000 volts, et si l'on abaisse lentement la pression dans ce tube, on constate (quand l'anneau est près du centre) un courant, à partir de 5mm de mercure. La région où

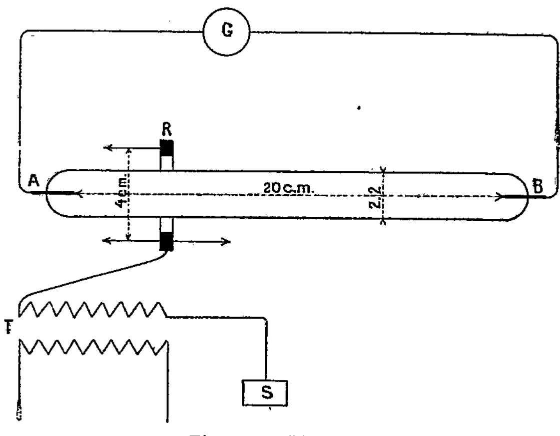


Fig. 1. — L'appareil

l'anneau exerce cet effet est d'abord très étroite, mais plus la pression tombe, plus cette région s'étend; et la lueur remplit le tube dans tous les cas où le courant est produit.

Au commencement les déviations du galvanomètre étaient très variables. Mais, entre 1mm et 0mm,5 de pression, les résultats sont assez réguliers, et j'ai retrouvé les courbes déjà décrites. Mais, au moment où les stries paraissent, les complications recommencent. On obtient plusieurs renversements du signe du courant, en déplaçant l'anneau de A à B, et ces points critiques correspondent aux brusques changements dans l'apparence des stries.

Après avoir passé la région des stries, le phénomène devient encore plus simple, et c'est ce cas qui est le plus intéressant de toutes les observations que j'ai faites.

Aux pressions de 0mm,02 et 0mm,01 la colonne positive a presque disparu, et la décharge devient visible par la fluorescence du verre sous l'action des électrons mis en mouvement par le champ électrostatique. Maintenant le courant passe avec chaque position de l'anneau d'un bout à l'autre, excepté, naturellement, au centre. Mais, chose curieuse, les courants se produisent en sens inverse de ceux qu'on avait aux pressions plus élevées. Le pôle le plus près de l'anneau est négatif au point de vue du circuit externe; c'est-à-dire il est l'anode du tube. Le courant croît quand l'anneau part de l'électrode, passe par un maximum au tiers de la longueur du tube, tombe à zéro au milieu, reprenant la même forme dans l'autre moitié, comme le montre la courbe (*fig.* 2).

Toutes les déviations du galvanomètre sont très stables à cette pression, le zéro est aussi très net, et l'on peut retrouver la même courbe avec beaucoup de précision en déplaçant l'anneau dans un sens ou l'autre. Cela paraît démontrer qu'à un vide si élevé les charges électrostatiques sur la surface du verre jouent un rôle peu important dans ce phénomène.

Pour examiner les courants produits aux pressions de $0^{mm},01$ et au-dessous, je me suis servi d'une bobine d'induction à interrupteur magnétique ordinaire. Mais, même dans ces conditions peu favorables, les courbes étaient extrêmement régulières, et le phénomène présentait le même aspect.

Pour expliquer cet effet, il faut se souvenir qu'aux pressions de l'ordre de $0^{mm},02$, le libre parcours moyen des électrons est très étendu, et par conséquent ils produisent les ions par choc.

Ainsi, au lieu d'avoir l'ionisation presque limitée aux points très près de

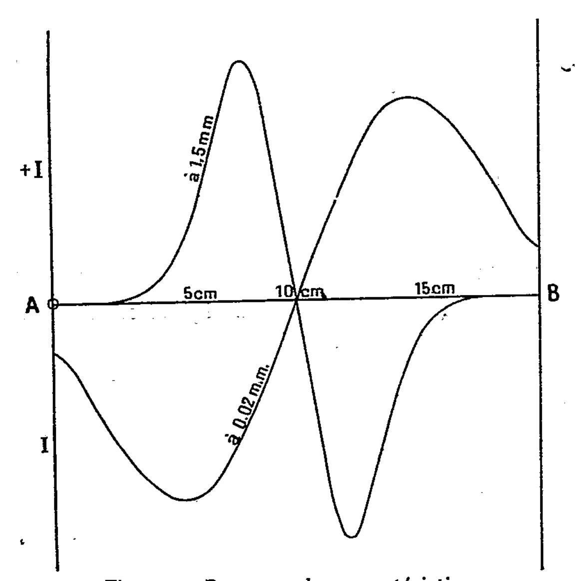


Fig. 2. — Deux courbes caractéristiques.

l'anneau où le champ est le plus intense (comme dans la Communication déjà citée), il y aura l'ionisation dans toute la longueur du tube, effectuée par les ions cheminant sous la chute de potentiel entre l'anneau et l'électrode. La différence de la mobilité des ions est de peu d'importance, mais ce qui se passe à la surface des électrodes ne peut pas être négligé.

Or le coefficient de diffusion des ions négatifs vers les métaux est plus grand que celui des ions positifs. Cette différence, déjà assez grande aux pressions ordinaires, doit augmenter aux pressions très basses, quand la majeure

partie de la charge négative est portée par les électrons eux-mêmes. Mais il suffit de prendre les valeurs données par M. Salles (*Le Radium*, t. V, nov. 1908) qui donnent un rapport de 1,32 entre les coefficients, pour les pressions ordinaires. Supposons ensuite que la charge communiquée à l'électrode par les ions positifs varie avec la chute de potentiel entre l'anneau et l'électrode, et la charge donnée par les ions négatifs aussi, mais qu'elle est plus grande.

Supposons aussi que le nombre des ions produits ait la plus grande valeur quand l'anneau est au centre du tube, et qu'elle diminue suivant une loi inconnue en approchant des bouts.

Combinant ces trois hypothèses par un raisonnement analogue à celui que j'ai fait dans la Communication citée plus haut, pour un cycle complet de la charge alternative, on obtient l'équation

$$I = K n f(x)(u - v)(1 - \alpha),$$

où

K = une constante;
N = le nombre des ions produits par seconde, quand l'anneau est au milieu du tube;
F (x) = fonction décroissante de x, où x est la distance de l'anneau du centre;
u et v = les chutes de potentiel de l'anneau à A et B;
α = le rapport entre les coefficients de diffusion des ions — et +.

Cette équation donne les courbes qui dépendent pour leurs formes exactes de $f(x)$, mais quelle que soit la fonction $f(x)$, pourvu qu'elle soit constamment décroissante de x, elles ressemblent dans leurs traits généraux à celles de l'expérience.

PHYSIQUE. — *Sur la température de fusion du platine*. Note de MM. **C. Féry** et **C. Chéneveau**, présentée par M. J. Violle.

A cause de l'inaltérabilité du platine, la température élevée de fusion de ce métal a été indiquée depuis longtemps comme un point de repère précieux dans l'échelle des hautes températures.

Les auteurs qui se sont occupés de la détermination de cette température ont obtenu des résultats différant de 4,6 pour 100 [1].

---

[1] En 1878, M. Violle (*Journ. de Phys.*, 1re série, t. VII, 1878, p. 69), par extrapolation de la fonction reliant la chaleur spécifique vraie du platine à la température entre 0° et 1200°, a trouvé 1775°. Barus [*Amer. Journ.*, 3e série, t. XLVIII, 1894, p. 332 et *Mesure des températures élevées*, Leipzig, 1892] indique 1757° et 1855°. Holborn et Wien (*Wied. Ann.*, t. LVI, 1895, p. 360), par la fusion d'un couple dans un four, trouvent 1780°. Holman, Lawrence et Barr (*Phil. Mag.*, t. XLII, 1896, p. 37),

Nous avons pensé que les divergences observées par les différents expérimentateurs pouvaient peut-être s'expliquer par la propriété oxydante ou réductrice de l'atmosphère gazeuse dans laquelle la fusion avait lieu. Bien connue pour l'argent, qui roche après avoir absorbé de l'oxygène ou pour le cuivre qui, suivant les cas, dissout de l'oxydule ou se combine au carbone, cette influence du milieu n'a jamais été signalée pour le platine.

Nous avons réalisé la fusion du platine : 1° par passage d'un courant électrique dans un fil disposé horizontalement ou verticalement; 2° en plaçant verticalement un fil de métal dans la flamme incolore d'un bec Méker à air soufflé ou d'un chalumeau à gaz d'éclairage et oxygène.

La température était mesurée par le pyromètre optique à absorption indiqué par l'un de nous (1). Cependant, comme cet appareil, basé sur la loi de Wien, ne donne des indications correctes que pour un corps noir, nous l'avons étalonné, pour le but spécial que nous nous proposions, de la manière suivante :

Un couple Le Chatelier fut gradué en le chauffant dans un four dont l'orifice ne présentait que quelques petites fissures suffisantes pour prendre la température à l'aide du pyromètre optique. Le même couple, ainsi étalonné, fut chauffé dans le bec Méker à air soufflé, ce qui permit de déterminer, à chaque température indiquée par le couple, la division donnée par l'appareil.

Voici les résultats obtenus :

Déviation du pyromètre optique (1 verre à la lampe étalon).	Températures vulgaires.	
	Corps noir.	Platine.
20	1940°	2150°
30	1765	1948
40	1618	1775
50	1488	1621
60	1374	1488
70	1273	1374
80	1181	1276
90	1100	1192

par la même méthode, donnent 1760°. J. A. Harker (*Proc. of the Roy. Soc.*, Vol. A, t. LXXVI, 1905, p. 235), par fusion de couples (dont la loi de variation de la force électromotrice avec la température, de la forme $E = at + bt^2 + \ldots$, avait été étudiée avec soin) dans un four à résistance fait de terres rares, indique 1710°; de même Holborn et Hennig (*Sitzungsber. Berlin Akad.*, t. XII, 1905, p. 331). Nernst et Wartemberg (*Verh. deutsch. phys. Ges.*, t. VIII, 1906, p. 48), par la méthode du corps noir et le pyromètre optique de Wanner, trouvent 1745°. Holborn et Valentiner (*Ann. der Physik.*, t. XXII, 1907, p. 1) par comparaison, à 1600°, entre l'échelle du thermomètre à azote et l'échelle optique des températures, donnent 1789°. Enfin C. W. Waidner et G. K. Burgess (*Bull. of the Bureau of Standards*, vol. III, n° 2, 1907, p. 163) indiquent, d'après diverses méthodes, des nombres compris entre 1706° et 1753° et adoptent la valeur 1753°.

(1) Ch. Féry, *Comptes rendus*, 26 mai 1902.

Ce Tableau permet d'ailleurs de calculer le pouvoir émissif du platine en fonction de celui du corps noir, pour chaque température et pour la longueur d'onde $\lambda_r = 0^\mu,629$ du verre rouge oculaire de l'appareil (¹).

Températures vulgaires.	$\dfrac{I_{\lambda_r}\text{ (platine)}}{I'_{\lambda_r}\text{ (corps noir)}}$.
970°	0,297
1200	0,328
1300	0,356
1400	0,363
1500	0,363
1600	0,356
1700	0,349
1780	0,349

Nous avons trouvé ainsi que le platine obéit bien à une loi de rayonnement monochromatique de la forme

$$I_\lambda = A e^{\frac{-B}{\theta}},$$

où θ est la température absolue; ce qui conduit à une hyperbole pour la courbe de graduation du pyromètre optique et à une droite, si l'on porte $\frac{1}{\theta}$ en ordonnées et la déviation δ de l'appareil en abscisses.

Résultats. — La fusion du platine par passage du courant dans un fil horizontal fournit les résultats les plus bas : moyenne des mesures, 1690° (vulgaires). Le fil, dans ce cas, paraît se casser plutôt qu'il ne fond; il semble qu'au moment de la fusion, qui était très doucement amenée, le métal soit fondu à l'intérieur du fil et encore solide à sa surface, ainsi que le montre d'ailleurs l'examen microscopique; c'est la rupture du tube contenant le métal fondu qui se produit.

Avec un fil vertical, la fusion électrique donne une goutte très nette de métal fondu à cause de la gaine ascendante d'air chaud qui protège la surface contre le refroidissement; moyenne des mesures 1710°.

La fusion dans le bec Méker soufflé se fait avec la plus grande facilité; une petite perle se forme à l'extrémité du fil disposé verticalement et se solidifie bientôt : moyenne des mesures, 1740°.

(¹) De ce Tableau il semble résulter que le pouvoir émissif du platine tend vers la valeur 0,36 quand la température s'élève; on sait que le rapport des pouvoirs émissifs est beaucoup plus petit aux basses températures [0,1 à 120°, d'après de la Provostaye et Desains (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 3ᵉ série, t. XXII, 1848, p. 358)].

Le chalumeau nous a fourni des résultats oscillant entre les valeurs extrêmes 1700° et 1750°, suivant qu'on s'appliquait à avoir une flamme oxydante ou réductrice.

Conclusion. — Il semble donc bien que les divergences, signalées au début de cette Note, tiennent surtout à la nature du milieu gazeux dans lequel se produit la fusion.

Nos expériences mettent effectivement en évidence une différence de 30° à 40° environ (soit 1,7 à 2,3 pour 100) sur la température de fusion du platine, différence qu'il est difficile d'attribuer, d'après le second Tableau précédent, à une variation du pouvoir émissif du platine.

Il sera donc très important, dans des déterminations précises du point de fusion du platine, d'indiquer les conditions du milieu au moment de la fusion.

PHYSIQUE. — *Sur le renversement de la radiation verte émise par l'arc au mercure dans le vide.* Note de M. A. **Perot**, présentée par M. Deslandres.

Je me suis proposé d'examiner si la raie verte de l'arc au mercure dans le vide, de longueur d'onde voisine de 5641 Angström, qui, produite dans les tubes de Michelson, permet d'atteindre les plus grandes différences de marche, était parfaitement définie et restait identique à elle-même, quelles que fussent les conditions de l'émission. On sait que cette raie est constituée par une composante principale C et un certain nombre de satellites, 18 d'après le récent travail de M. Stansfield (¹), parmi lesquels l'un, S, est particulièrement brillant dans l'arc au mercure; il est de longueur d'onde un peu plus grande que la composante C, c'est sur ces deux radiations seulement qu'a porté l'étude dont j'ai l'honneur de présenter les résultats à l'Académie.

L'appareil spectroscopique employé dans ces recherches est un étalon interférentiel, lame d'air à faces argentées de 10^{mm} environ d'épaisseur; la lumière émise par la partie de l'arc à étudier, isolée par des écrans, traverse des cuves absorbantes qui éliminent les autres radiations, et une lentille qui donne une image monochromatique verte sur un diaphragme percé d'un trou de 6^{mm} de diamètre placé contre l'étalon. Cette image couvre toujours l'ouverture du diaphragme, de telle sorte que la même région de l'étalon soit toujours utilisée dans son entier. Une lunette à oculaire micrométrique, pointée sur l'infini, est placée derrière l'étalon. On observe un système complexe

(¹) *Nature*, may 7, 1908.

d'anneaux, dans lesquels on discerne, outre les raies satellites très faibles, la composante principale C et le satellite S, qui, pour l'étalon employé, a dépassé la discordance exacte avec la composante C.

La dispersion de l'appareil est telle que, sur le satellite S très fin et brillant, on peut mesurer une variation en valeur relative de 5.10^{-8}. Je rappelle que, ainsi que je l'ai indiqué dans une Note récente (1), ni la valeur de l'épaisseur de l'étalon, ni le numéro d'ordre de l'anneau pointé, n'interviennent dans le calcul de semblables mesures.

Entre autres formes de l'arc, j'ai utilisé une disposition en H, et celle en *h* qui résulte de la suppression de l'une des branches supérieures du tube en H. Un manomètre soudé à la partie supérieure donne la pression et un ampèremètre indique l'intensité du courant.

Si l'on observe normalement à l'axe du tube horizontal, on voit simplement les anneaux des deux raies C et S, accompagnées des satellites faibles indiqués plus haut; ceci est vrai pour les tubes que j'ai employés, quelle que soit la valeur de la densité de courant entre 2 et 4,5 ampères par centimètre carré.

Si l'on observe dans la direction du tube horizontal, soit du côté de l'anode, soit du côté de la cathode, on voit la raie S garder la même apparence quelles que soient l'intensité du courant et la pression; son éclat et sa largeur varient seuls; quant à la raie C, dès que la pression devient notable, une ligne noire se forme, très fine et déliée dans la région médiane de l'anneau brillant, figurant un dédoublement; à mesure que l'intensité et la pression s'élèvent, cette ligne noire augmente de largeur en même temps que l'anneau brillant lui-même, mais avec une dissymétrie qui entraîne l'ensemble vers les grandes longueurs d'onde; pour une pression de 25^{mm} à 30^{mm}, on croirait voir les anneaux dus à trois raies S, C′, C″, presque équidistantes et d'intensités presque égales; enfin si la pression est encore plus élevée, la partie C″ de la raie C située vers le rouge disparaît presque complètement, ne laissant subsister que les deux raies S et C′. Ces apparences se présentent successivement si l'on fait tourner sur lui-même l'arc fonctionnant à une pression de 40^{mm}, de façon à faire occuper à l'axe du tube horizontal des positions de moins en moins inclinées sur la normale à l'étalon.

Il est vraisemblable qu'il s'agit là d'un renversement dissymétrique, avec déplacement vers le rouge par l'effet de la pression; je n'ai pu observer de polarisation et le phénomène est le même aux deux extrémités du tube, ce qui indique qu'il n'est pas dû à un effet Döppler-Fizeau.

---

(1) *Comptes rendus*, août 1908.

Il est remarquable qu'il se produise sur la raie C seule et non sur le satellite S, on est par suite amené à penser que ces raies sont d'espèces différentes.

Ce résultat pourrait expliquer les variations avec la longueur d'onde du pouvoir absorbant d'un arc au mercure sur un autre arc, observées par MM. Küch et Retschinsky (1).

D'autre part, dans les expériences de MM. Humphrey et Mohler et celles de M. Duffield (2) sur l'arc au fer soumis à des pressions atteignant 100^{atm}, des phénomènes d'élargissement, de renversement et de déplacement vers le rouge ont été observés ; mais sauf peut-être pour la raie 4260,64 Angström des planches de M. Duffield, le renversement paraît symétrique. Pour cette raie, le renversement est moins déplacé que la raie elle-même, à l'inverse de ce qui se passe pour la raie 5460,7402 Angström étudiée ici, où le renversement peut faire disparaître la partie brillante de grande longueur d'onde.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur l'influence des régions extrêmes du spectre dans les phénomènes de solarisation.* Note de MM. A. Gargam de Moncetz, présentée par M. Deslandres.

Le relèvement, après une certaine valeur minimum, de la courbe des noircissements d'une plaque photographique solarisée, relèvement annoncé par Janssen en 1880, puis nié par un certain nombre de chercheurs, a été mis hors de doute par une expérience récente de M. Guébhard (3).

Je me suis proposé de déterminer le rôle joué dans ces phénomènes par les différentes régions du spectre, et j'ai fait usage pour cela de plaques Lumière Σ, préalablement solarisées par une exposition de 6 minutes à 50 centimètres d'un bec Auer, puis exposées au spectre solaire ou à celui d'une lampe Nernst, et enfin développées à l'hydroquinone-métol.

Ces plaques montrent tout d'abord que, quel que soit le temps de pose du spectre, ce temps ayant varié entre 5 minutes et 4 heures, il y a toujours un noircissement produit dans l'infra-rouge, pour les longueurs d'onde comprises entre $700^{\mu\mu}$ et 1^{μ} environ.

Ce résultat est encore le même d'ailleurs si l'on fait usage de plaques exposées au rayonnement préalable du bec Auer pendant 3 ou 15 minutes et même pendant plusieurs heures au soleil.

---

(1) *Ann. der Phys.*, t. XXII, 1907, et *Radium*, août 1907.

(2) *Phil. transactions of the Royal Society*, série A, vol. CCVIII, p. 111.

(3) Ad. Guébhard, *Vérifications expérimentales de la forme ondulatoire de la fonction photographique* (*Comptes rendus*, t. CXLI, 1905, p. 559).

Cette impression dans l'infra-rouge est complètement effacée par une exposition subséquente de très courte durée aux radiations actiniques ordinaires. Dans l'espèce, je me suis servi d'un arc au mercure en verre, où ces radiations sont importantes.

Du reste, dans mes expériences, je n'ai jamais observé que les rayons bleus eussent une autre action que celle de détruire complètement le voile gris pâle dû à la solarisation et constituant le fond de la plaque.

Dans l'ultra-violet, les phénomènes paraissent dépendre davantage de la durée de l'insolation préliminaire. Par exemple, les raies de l'arc au magnésium, comprises entre $\lambda 394$ et $\lambda 250$, apparaissent d'autant plus facilement en noir, pour un temps égal de pose du spectre, que l'insolation préliminaire a été plus prolongée. Elles apparaissent en blanc lorsque cette insolation a été relativement courte.

Il résulte de ces faits que l'infra-rouge et l'ultra-violet sont les régions grâce auxquelles se fait l'ascension vers le second maximum de la courbe des opacités, les rayons bleus s'y opposant au contraire.

Lorsqu'on opère en lumière blanche, c'est la résultante de ces actions diverses qui intervient, et ce fait suffit à expliquer la lenteur extrême avec laquelle se fait l'ascension vers ce maximum. Cependant, avec des plaques très sensibles, comme les plaques Lumière Σ, l'ascension est très nette après 2 heures d'exposition au soleil.

En somme les phénomènes présentés par l'infra-rouge dépendent au plus haut point de l'état de la plaque au moment où on les fait agir. Herschell en 1840, puis Edm. Becquerel et Villard ont montré qu'ils agissent comme destructeurs si la plaque a seulement reçu une légère impression. Dans une Communication récente ([1]) j'ai indiqué qu'en plus de cette action destructrice, ils agissaient comme continuateurs pour un groupe de rayons de longueur d'onde supérieure à 1^{μ}, lorsque le voile initial est celui des rayons X. Par les expériences que je présente aujourd'hui, on voit qu'ils agissent comme fortement inverseurs de la solarisation si la plaque a été solarisée de manière que le point de solarisation soit dépassé.

L'action destructrice a été employée pour la photographie de l'infra-rouge solaire. On pourrait aussi utiliser, plus facilement, je crois, la propriété inversante que je signale aujourd'hui.

PHYSIQUE. — *Compressibilité des gaz entre* 0^{atm} *et* 3^{atm} *et à toute température.* Note de M. A. **Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

La question des volumes moléculaires, dont j'ai poursuivi l'étude de 1891 à 1898, a pris un intérêt tel qu'il m'a paru nécessaire de reprendre tous mes

([1]) *Comptes rendus*, 18 mai 1908.

calculs, à partir des expériences, en mettant à profit les déterminations de constantes critiques postérieures à la publication de l'ensemble de mes recherches (1).

J'ai défini et représenté alors l'*écart à la loi de Mariotte* par l'une des formules de Regnault légèrement modifiée :

$$E = \frac{p_1 v_1}{pv} - 1 = a(p - p_1) + b(p - p_1)^2. \tag{1}$$

Les pressions sont comptées en centimètres de mercure; la pression initiale $p_1 = 76^{cm}$.

Malgré la belle étude de Lord Rayleigh, d'après laquelle les gaz suivraient rigoureusement la loi de Mariotte aux très faibles pressions, j'incline à croire que la formule (1) demeure applicable à celles-ci.

Il faut remarquer, en effet, que le *coefficient d'écart*

$$-\frac{1}{pv}\frac{\partial(pv)}{\partial p}$$

est $\leqq 10^{-5}$ pour les anciens gaz permanents et $\geqq 10^{-4}$ pour les gaz voisins de CO^2 à 0°. Si donc on passe de 1^{mm} à 2^{mm} de mercure, l'écart correspond à 10^{-5} millimètre pour les uns et 10^{-4} millimètre pour les autres. On peut se demander si un tel écart ne doit pas échapper à l'observation la plus délicate.

Dès lors il est commode de prendre pour origine des pressions une pression très faible p_0, que nous pourrons considérer comme nulle, au lieu de la pression atmosphérique p_1.

D'autre part il sera très avantageux aussi de modifier la définition de l'écart et d'écrire

$$E' = 1 - \frac{pv}{p_0 v_0} = mp + np^2. \tag{2}$$

J'ai calculé les coefficients m et n pour 18 gaz dont j'ai étudié autrefois la compressibilité entre 1^{atm} et 2^{atm}, à des températures voisines de 16° (en collaboration avec M. Sacerdote).

Remarquons maintenant que si l'on écrit la loi d'état, comme je l'ai fait,

$$Mpv = RT\varphi, \tag{3}$$

le volume moléculaire φ du gaz considéré par rapport au gaz parfait fictif ne diffère pas sensiblement du rapport $\frac{pv}{p_0 v_0}$ qui est le volume moléculaire par rapport au gaz réel pris à la limite de raréfaction.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 1898-1899.

En effet, d'une part E' s'évanouit avec p, bien que m ne soit pas nul en général, et d'autre part le coefficient de dilatation du gaz très raréfié tend vers celui du gaz parfait ainsi que nous le confirmerons dans la suite.

On peut donc écrire, en désignant par π la pression critique,

$$(2\ bis)\qquad \varphi = 1 - mp - np^2 = 1 - m\pi\frac{p}{\pi} - n\pi^2\left(\frac{p}{\pi}\right)^2.$$

Ne considérons maintenant que les gaz obéissant à la loi des états correspondants, c'est-à-dire qui ont même volume moléculaire dans des états correspondants.

Pour une même valeur de la pression réduite $\frac{p}{\pi}$, φ ne doit dépendre que de la température réduite; $m\pi$ et $n\pi^2$ ne sont donc fonction que de celle-ci, ou de son inverse χ.

Comptant π en atmosphères pour éviter des conversions inutiles, je trouve que, pour quinze gaz, $m\pi$ est représenté avec toute l'exactitude que comportent les expériences par l'une des formules ([1]) :

$$(4)\qquad z = m\pi.10^4 = \chi(-19,8 + 54\chi - 27\chi^2 + 38\chi^3).$$

$$(4\ bis)\qquad z = 18,85\chi(2\chi^3 - \sqrt{2}\chi^2 + 2\sqrt{2}\chi - 1).$$

Eu égard à la difficulté de déterminer n, la formule

$$(5)\qquad u = n\pi^2.10^4 = 5\chi^2(\chi - 0,95)$$

donne des résultats satisfaisants pour $\chi > 0,9$.

Pour $\chi < 0,9$, on peut sans inconvénient négliger u, c'est-à-dire représenter l'écart par une formule linéaire.

Ces quinze gaz, auxquels s'applique bien la formule (4), constituent la *série normale*. Nous verrons, à propos des densités, qu'il convient d'y ajouter l'éthane et le chlore.

PH^3 et H^2S sont moins compressibles que ne le voudraient leurs constantes critiques. Il en est de même de $(CH^3)^2O$ si l'on accepte les constantes critiques de Griner, tandis que CH^3Cl devient normal. AzH^3 est, au contraire, trop compressible : son m surpasse de 10 pour 100 celui d'un gaz normal ayant les mêmes constantes critiques. Il est facile de voir que son u doit être en conséquence majoré de 21 pour 100.

([1]) J'avais désigné précédemment par z une expression analogue dont je n'aurai plus à faire usage. On remarquera que m est le coefficient vrai d'écart sous une pression très faible.

Le Tableau ci-dessous contient les valeurs des coefficients m et n calculés au moyen des formules (4) et (5) pour les gaz normaux à 0° et à 100°, ainsi que leurs coefficients moyens d'écart entre 1^{atm} et 2^{atm} à ces mêmes températures (A_1^2). Pour AzH^3, mis à part, il a été tenu compte de l'observation précédente.

			A 0°.			A 100°.		
Gaz.	T_c.	Π_c.	$m.10^6$.	$n.10^8$.	$A_1^2.10^6$.	$m.10^6$.	$n.10^8$.	$A_1^2.10^6$.
H	32	19,4 atm	−8	»	−8	−7	»	−7
Az	127	35	+5	»	+5	−3	»	−3
CO	133,5	35,5	6,5	»	6,5	−2	»	−2
O	154,2	50,8	10	»	10	+1	»	+1
AzO	179,5	71,2	14	»	14	3	»	3
CH^4	191,2	54,9	23	»	23	6	»	6
C^2H^4	283	51	101	2	106	33	»	33
CO^2	304,3	77	86	1,7	90	29	»	29
C^2H^6	308	45,2	153	6	168	51	»	51
Az^2O	309,4	73,1	96	2,2	102	32	»	32
C^2H^2	310	67	105	2,7	113	35	»	35
HCl	325,2	83	97	2,5	104	34	»	34
C^2Az^2	397	61,7	279	14	318	91	1	94
CH^3Cl	416	65,9	308	14	349	101	3,4	109
Cl	419	93,5	225	8	247	73	1	75
CH^3AzH^2 ...	428	72	313	15	356	102	2	107
SO^2	430,2	78	297	12,7	334	96	2	101
$(CH^3)^3Az$ ...	433,5	41	582	48	725	187	8	209
$(CH^3)^2AzH$ ..	436	56	434	26	512	122	4,5	134
AzH^3	405	109,6	186	4,6	200	60	0,7	62

CHIMIE PHYSIQUE. — *Phénomènes thermiques accompagnant l'action de l'eau sur la poudre d'aluminium.* Note de MM. **E. Kohn-Abrest** et **J. Carvallo**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans la présente Note nous désirons simplement signaler les phénomènes thermiques intéressants qui accompagnent l'action de l'eau sur la poudre d'aluminium. Cette substance (¹) attaque l'eau en s'oxydant partiellement; l'oxyde hydraté qui se forme n'est pas de l'alumine. L'action de l'eau comprend deux phases : l'une exothermique, pendant laquelle l'oxy-

(¹) Voir l'analyse de cette poudre, *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1293.

dation partielle du métal s'effectue avec énergie; l'autre endothermique, excessivement lente, dont la cause semble due à des phénomènes d'hydratation de l'oxyde formé pendant la phase précédente.

Bien que notre étude soit forcément encore très incomplète il nous semble cependant nécessaire dès maintenant de citer quelques détails pour indiquer les opérations qui nous permettent de donner connaissance des faits que nous ne faisons que signaler ici.

En dosant le sodium dans la poudre d'aluminium, l'attention de l'un de nous [1] a été attirée par l'action énergique de l'eau sur la poudre d'aluminium à des températures inférieures à 100°. Pour exciter cette réaction, il est nécessaire de porter le mélange, aluminium et eau, à la température de 83°. La réaction amorcée continue énergiquement d'elle-même pendant 20 minutes; elle se ralentit ensuite considérablement. En produisant l'attaque de la poudre d'aluminium dans une bouteille en aluminium on a pu, en réchauffant toutes les 24 heures pendant quelques instants vers 70° le mélange, obtenir, au bout de 15 jours de ce régime, une substance tout à fait blanche.

L'évaluation de la quantité de chaleur dégagée lors de la partie la plus active de l'action de la poudre d'aluminium sur l'eau est délicate, car nous avons affaire à une réaction lente, s'effectuant à une température où l'évaporation de l'eau qui sert à la réaction empêche l'emploi de la méthode calorimétrique ordinaire.

5g, 18 de poudre d'aluminium, desséchée et dégraissée, sont mélangés avec 250g d'eau à 75°, dans un vase calorimétrique en platine, dont les parois extérieures sont noircies. On porte aussi rapidement que possible la température du mélange à 83° : la réaction s'amorce et le vase, muni d'un couvercle non hermétique, d'un thermomètre sensible et d'un agitateur, est placé au milieu d'un second vase entouré par une grande masse d'eau maintenue à température constante de 60°. L'agitation très régulière du mélange se fait mécaniquement.

La température du calorimètre s'élève rapidement de 7°, se maintient pendant 20 minutes au-dessus de 80° et n'atteint la température de l'enceinte qu'au bout de 1 heure 40 minutes.

La température du mélange s'abaisse ensuite et se maintient une dizaine de minutes à 3° *au-dessous* de la température extérieure.

Une autre expérience, dans laquelle on étudie le refroidissement du calorimètre contenant au début de l'expérience de l'eau à 90° et placé à l'intérieur de l'enceinte toujours à 60°, permet de déterminer la quantité de chaleur rayonnée par le calorimètre en fonction de sa température. Les conditions du refroidissement étant identiques dans les deux expériences, la vitesse de refroidissement du calorimètre dans

---

(1) Voir Kohn-Abrest, *Bull. Soc. chim.*, 1909.

lequel se produit la réaction permet de calculer les quantités de chaleur dégagées par cette réaction. On tient compte, autant qu'il est possible, dans ce calcul, de l'évaporation de l'eau dans les deux expériences.

Ce mode de calcul appliqué au dégagement de chaleur produit par la réaction de la poudre de l'aluminium sur l'eau dans les conditions où nous nous sommes placés, donne 8100^{cal} pour les $5^g,18$ de poudre qui renfermaient au préalable $4^g,82$ d'aluminium pur [1].

La réaction exothermique est suivie d'une absorption nette de chaleur capable de maintenir pendant une dizaine de minutes la température du calorimètre à 3° au-dessous de la température extérieure.

La poudre obtenue dès la mise en évidence de la réaction endothermique a été retirée du calorimètre, séchée dans le vide à froid et soumise à l'analyse. C'est une substance d'aspect métallique, mais plus terne et plus dense que la poudre primitive. Examinée au microscope, elle se montre formée de grains constitués par un noyau généralement opaque, entourés d'une gaine transparente, alors que les grains de la poudre, avant toute réaction, sont pour la plupart entièrement opaques.

L'analyse de la poudre après réaction donne, en tenant compte des impuretés (fer, silicium, carbone) :

	Pour 100.
Aluminium total	59,45
Eau combinée	23,10
Oxygène	16,28

D'autre part, traitée par l'acide chlorhydrique, la substance donne lieu à un dégagement d'hydrogène équivalent à celui de 39,40 pour 100 d'aluminium pur; tandis que, par l'action du sulfate ferrique [1], le pouvoir réducteur de la matière première n'équivaut qu'à celui de 36,16 pour 100 d'aluminium pur.

Le dosage de l'eau combinée présente des difficultés. Nous avons effectué ce dosage en chauffant électriquement à 940° dans le vide la poudre placée dans un tube en porcelaine relié à la trompe à mercure. On observe alors qu'une partie de l'eau dégagée par l'action de la chaleur dans le vide est décomposée par l'aluminium. L'analyse des gaz dégagés au cours de l'expérience permet de se rendre compte des quantités d'eau ainsi décomposées au fur et à mesure du chauffage.

D'après les chiffres obtenus plus haut, en admettant que la matière non réductrice soit constituée par de l'alumine hydratée (ce qui n'est nullement démontré), et que la matière réductrice calculée pour l'hydrogène dégagé lors de l'attaque avec l'acide chlorhydrique soit de l'aluminium pur, on

---

(1) Voir Kohn-Abrest, *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1293.

trouverait pour l'oxyde hypothétique :

Pour l'oxyde hypothétique :	On aurait pour Al^2O^3 :
Al = 20,12 pour 100	Al = 20,12 pour 100
O = 16,28 »	O = 17,88 »

Bien que très voisins, les chiffres diffèrent néanmoins suffisamment en ce qui concerne l'oxygène fixé sur l'aluminium pour que nous puissions dire que l'oxyde existant dans la substance n'est pas, du moins entièrement, de l'alumine.

En résumé on constate, en considérant l'action de l'eau sur la poudre d'aluminium pendant la période exothermique, que les grains d'aluminium sont attaqués partiellement pour former des oxydes d'aluminium hydratés. La mesure calorimétrique montre que la réaction s'effectue avec un dégagement de 8100^{cal} pour $4^g,82$ d'aluminium pur, soit pour la molécule d'aluminium (Al^2) environ 90000^{cal}.

L'examen approfondi des résultats de l'analyse chimique, en ce qui concerne le pouvoir réducteur sur le sulfate ferrique ([1]), la quantité d'hydrogène dégagée lors de l'attaque par l'acide chlorhydrique, la proportion d'eau combinée, enfin la quantité d'oxygène fixée sur l'aluminium, permet d'admettre dans la poudre attaquée par l'eau l'existence d'oxydes autres que de l'alumine, sur lesquels l'un de nous a déjà, à différentes reprises, attiré l'attention ([2]).

PHYSICOCHIMIE. — *Propriétés magnétiques de quelques gaz facilement liquéfiables.* Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. D. Gernez.

Les données numériques relatives aux propriétés magnétiques des gaz sont en général fort discordantes, et il n'est pas rare de voir deux observateurs donner pour une susceptibilité deux chiffres variant du simple au décuple.

Ce désaccord s'expliquant par la très faible susceptibilité des gaz dans les conditions de pression et de température ordinaires, j'ai cherché à éviter cette cause d'erreur en opérant sur les gaz liquéfiés, dont la masse spécifique est alors mille fois supérieure environ à celle du même corps sous la pression normale.

([1]) *Comptes rendus,* t. CXLVII, 1908, p. 1293.

([2]) *Comptes rendus,* juillet 1905, et *Comptes rendus,* t. CLXVII, p. 1293; *Bull. Soc. chim.,* 1904.

Les gaz, préparés avec tout le soin désirable, étaient, autant que possible, purifiés par distillation ou cristallisation fractionnée. On les enfermait finalement dans un tube de cristal en U, dont les deux branches présentaient des sections fort différentes, et étaient reliées par un tube transversal permettant l'égalisation des pressions aux deux surfaces libres du liquide. La plus petite branche était placée dans l'entrefer d'un fort électro-aimant.

La comparaison des dénivellations présentées dans le même tube par le gaz et par l'eau, pour diverses valeurs du champ magnétique, permettait d'obtenir pour le gaz la susceptibilité spécifique χ_s (quotient de la susceptibilité par la masse spécifique). La composition de l'atmosphère intérieure du tube, qui intervient dans le calcul des termes correctifs, était définie par la température et la pression atmosphérique au moment de la fermeture, et la température à laquelle se faisait la mesure.

Voici les valeurs obtenues pour χ_s à 16°, la susceptibilité de l'eau étant supposée égale à $-7,5.10^{-7}$, celle de l'air égale à $+0,25.10^{-7}$. Les mesures sont faites au $\frac{1}{50}$.

Gaz.	Conditions de fermeture.		χ_s.
	°	mm	
SO^2	-18	755	$-2,97.10^{-7}$
AzH^3	-65	771	$-11,15.10^{-7}$
C^2Az^2	-45	764	$-4,32.10^{-7}$
Az^2O^3	-16	770	$-3,03.10^{-7}$
Az^2O^4	-15	762	$-2,75.10^{-7}$
CH^3AzH^2	-16	755	$-9,06.10^{-7}$
CH^3Cl	-50	771	$-6,67.10^{-7}$
Cl	-60	741	$-5,90.10^{-7}$

L'invariabilité de la susceptibilité spécifique pour les corps diamagnétiques au moment de la fusion, la constance du pouvoir rotatoire et du quotient $\frac{n-1}{d}$ au moment de la vaporisation, rendent assez vraisemblable l'hypothèse que la susceptibilité spécifique d'un gaz est indépendante de son état physique, surtout si sa température varie peu.

On pourrait alors des chiffres précédents déduire les valeurs suivantes pour la susceptibilité d'un milieu gazeux à 0° et sous 76^{cm} :

SO^2	$-8,5.10^{-10}$	CH^3AzH^2	$-12,5.10^{-10}$
AzH^3	$-8,5.10^{-10}$	CH^3Cl	$-15,1.10^{-10}$
C^2Az^2	$-10,1.10^{-10}$	Cl	$-18,7.10^{-10}$
Az^2O^4	$-11,3.10^{-10}$		

La susceptibilité de ces gaz dans les conditions normales serait donc toujours de l'ordre de 10^{-9}.

On peut d'ailleurs grouper les résultats de ces recherches indépendamment de l'hypothèse précédente. Quand on forme, en effet, le produit de la susceptibilité spécifique χ_s par le poids moléculaire m du même gaz, on obtient les valeurs suivantes :

SO^2	-190.10^{-7}	Az^2O^4	-253.10^{-7}
AzH^3	-190.10^{-7}	CH^3AzH^2	-281.10^{-7}
C^2Az^2	-225.10^{-7}	CH^3Cl	-333.10^{-7}
Az^2O^3	-232.10^{-7}	Cl^2	-420.10^{-7}

Si l'on met de côté le chlore, seul gaz simple du Tableau, et son dérivé organique, on constate que le produit $\chi_s \times m$ est une fonction linéaire du nombre n des atomes de la molécule, et qu'on peut écrire sensiblement

$$\chi_s \times m = -23(5+n)10^{-7}.$$

J'ai déjà montré (*Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1290) qu'à la loi de Dulong et Petit sur les chaleurs spécifiques des éléments correspondait la loi analogue :

Le produit de la susceptibilité spécifique des corps simples diamagnétiques de même famille, par leur poids atomique, est une fonction exponentielle de ce poids atomique.

Il se pourrait que les résultats obtenus aujourd'hui forment l'amorce d'une loi relative aux gaz et analogue à la loi de Delaroche et Bérard sur leurs chaleurs spécifiques.

Les chiffres publiés ici me fournissent une échelle de susceptibilités auxquelles je vais rapporter, par une méthode différentielle, tous les autres gaz difficilement liquéfiables, pour essayer de généraliser les résultats obtenus.

CHIMIE MINÉRALE. — *Oxydation catalytique de l'acide hypophosphoreux par le cuivre*. Note de M. J. **Bougault**, présentée par M. Haller.

En répétant, dans diverses conditions, l'action de l'acide hypophosphoreux sur le sulfate de cuivre étudiée par Würtz et qui a fourni à ce savant l'hydrure Cu^2H^2, j'ai été amené à faire quelques observations qui font le sujet de cette Note.

Je ferai observer d'abord que j'ai utilisé, au lieu d'acide hypophosphoreux, l'hypophosphite de sodium, et, au lieu de faire réagir molécules égales des deux sels, je les ai employés en proportions très différentes, l'un d'eux étant toujours en grand excès.

I. Avec un excès de sulfate de cuivre (8^g $SO^4Cu, 5H^2O$ pour 2^g PO^2NaH^2), j'ai obtenu un précipité jaune brunâtre qui, à l'ébullition, s'est transformé peu à peu en un précipité *bien cristallisé* qui n'est autre chose que du cuivre très pur. Il est vraisemblable que le produit amorphe qui prend naissance d'abord est un sel cuivreux, sans doute l'hypophosphite, qui se décompose ensuite en cuivre et sel cuivrique.

Je ne signale cette réaction, qui sans doute a déjà été observée, quoique je ne l'aie pas trouvée signalée, que parce qu'elle permet d'obtenir rapidement un échantillon de cuivre bien cristallisé, peu altérable et facile, par suite, à obtenir à l'état de pureté parfaite.

II. Si l'on opère au contraire en présence d'un excès d'hypophosphite (2^g à 3^g $SO^4Cu, 5H^2O$ pour 10^g PO^2NaH^2), on observe d'abord la formation d'un précipité brun kermès, qui est vraisemblablement l'hydrure de Würtz. En continuant à chauffer au bain-marie bouillant, il se dégage une grande quantité d'hydrogène et le précipité se rassemble en une mousse brun rougeâtre à la surface du liquide. On le sépare par décantation et on le lave à plusieurs reprises à l'eau bouillie.

Le produit ainsi obtenu, chauffé avec de l'eau au bain-marie bouillant, ne donne lieu à aucun dégagement gazeux. Mais si on le chauffe avec une solution aqueuse d'hypophosphite de sodium au cinquième, il se produit un abondant dégagement d'hydrogène.

L'hypophosphite est converti, au moins partiellement, en phosphate et surtout en phosphite.

La réaction se ralentit et finit par s'arrêter complètement avant que tout l'hypophosphite soit transformé (¹).

Si alors on décante le liquide et si on le remplace par une nouvelle solution d'hypophosphite, le dégagement d'hydrogène recommence (toujours au bain-marie bouillant, 95° environ).

On peut répéter l'opération un certain nombre de fois et obtenir, avec une quantité de cuivre faible, une forte proportion d'hydrogène. Ainsi, avec le cuivre provenant de la réduction de $1^g,40$ de sulfate de cuivre hydraté (soit environ 0,35 de cuivre), j'ai pu obtenir, en quatre fois, un total de plus de 4^l d'hydrogène, et le cuivre avait encore une activité notable. Ces chiffres, convertis en molécules, indiquent, pour 1^{at} Cu, un dégagement de plus de 30^{mol} H^2.

J'ai constaté que le cuivre, réduit du sulfate de cuivre par le zinc, effectue aussi cette catalyse, mais son activité est beaucoup plus faible. Il est, du reste, assez difficile de faire des comparaisons rigoureuses à cause de l'altéra-

---

(¹) En neutralisant l'acidité qui a pris naissance au cours de l'opération, le dégagement d'hydrogène reprend; mais je n'ai pas pu aller jusqu'à l'oxydation de tout l'hypophosphite mis en expérience.

bilité des catalyseurs et de l'inégale activité qui en résulte pour des échantillons différents.

Dans cette réaction, c'est vraisemblablement l'eau qui est catalysée par le cuivre, et fournit à la fois l'hydrogène qui se dégage et l'oxygène qui oxyde l'hypophosphite.

J'ai remarqué que l'action catalysante se produit le mieux en solution sensiblement neutre, plutôt légèrement acide.

Je continue cette étude au point de vue de la détermination quantitative des produits d'oxydation de l'hypophosphite et leur rapport avec la quantité d'hydrogène dégagée. J'ai l'intention également d'essayer l'activité du cuivre ainsi préparé dans les diverses réactions où l'on utilise le cuivre réduit; peut-être conservera-t-il dans ces réactions la même supériorité qu'il montre ici nettement dans l'oxydation de l'acide hypophosphoreux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une exception à la méthode générale de préparation des aldéhydes au moyen des acides glycidiques.* Note de M. **René Pointet**, présentée par M. Haller.

Darzens [1] a indiqué une méthode générale de synthèse des aldéhydes au moyen des acides glycidiques disubstitués. Il prépare d'abord les éthers glycidiques β substitués en condensant à l'aide de l'éthylate de sodium les cétones avec l'éther monochloracétique

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>CO + CH^2ClCO^2C^2H^5 = \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\underset{\diagdown O \diagup}{C - CH} - CO^2C^2H^5.$$

Ces éthers sont saponifiés avec une solution concentrée de soude employée en quantité théorique. Les acides glycidiques sont mis en liberté au moyen d'un acide minéral. Les premiers termes se décomposent au moment de leur formation en acide carbonique et aldéhydes; on achève cette décomposition au bain-marie. Pour les termes supérieurs, on a recours à la distillation dans le vide

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\underset{\diagdown O \diagup}{C - CH} - COOH = CO^2 + \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>CH - CHO.$$

(1) *Comptes rendus*, novembre 1904.

Darzens opéra avec l'acétone, la méthylisohexylcétone, la méthyheptylcétone, l'acétophénone, la cyclohexanone, etc.

Claisen [1] a modifié ce procédé en employant l'amidure de sodium comme agent de condensation.

Voulant poursuivre avec l'aldéhyde diphénylacétique et ses homologues supérieurs les intéressants travaux de M. Haller sur la condensation des aldéhydes avec le camphre, je m'étais proposé de préparer ces aldéhydes par la méthode précédente.

J'ai employé comme agent de condensation l'amidure de sodium. J'ai mélangé en quantités théoriques la benzophénone, l'éther monochloracétique au sein de l'éther et j'ai ajouté peu à peu et en refroidissant une quantité d'amidure de sodium légèrement supérieure à la quantité théorique. Après l'avoir laissé à la température ordinaire pendant 2 jours et demi, le mélange a été décomposé par l'eau, extrait à l'éther et distillé dans le vide. Au-dessous de 180° sous 12^{mm}, il n'a passé qu'un mélange d'éther monochloracétique et de benzophénone; de 180° à 195°, il a distillé un mélange de benzophénone et d'éther glycidique, et de 195° à 205° l'éther glycidique brut. Ce dernier, redistillé, passe à 202°-204° sous 12^{mm}; après cristallisation dans l'alcool, il fond à 47°. Les résultats analytiques prouvent qu'on obtient bien l'éther cherché :

$$(C^6H^5)^2.CO + CH^2Cl.CO^2C^2H^5 = \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\diagdown\,O\,\diagup}{C - CH} - CO^2C^2H^5.$$

Le mode de saponification de cet éther par la soude aqueuse et concentrée, appliqué par Darzens, réussit très mal. J'ai opéré d'après le procédé de Claisen, qui consiste à dissoudre la quantité théorique de sodium dans l'alcool absolu, ajouter l'éther, puis la quantité théorique d'eau. On obtient ainsi le sel de sodium qui se précipite; on le lave à l'éther et on le fait recristalliser.

Ce sel de sodium, dissous dans l'eau, est additionné de la quantité théorique d'acide sulfurique, qui précipite l'acide organique. Le mélange est maintenu au bain-marie pendant 1 heure pour amener la décomposition en aldéhyde et CO^2. On constate qu'il n'y a pas de dégagement de CO^2 comme pour les termes élevés; cette décomposition ne doit donc avoir lieu que lors de la distillation. J'ai extrait à l'éther et distillé. Il y a bien eu un dégagement gazeux, mais j'ai reconnu que c'était de l'oxyde de carbone, et il a distillé un produit rougeâtre qui cristallisé dans la benzine fond à 146°. Le dosage du gaz dégagé montre que, pour 1^{mol} d'acide glycidique, il se dégage 1^{mol} d'oxyde de carbone.

Le produit fondant à 146° présente les propriétés d'un acide; son analyse, son point de fusion, la détermination de son poids moléculaire montrent que c'est de l'acide

(1) *Berichte,* 1905, t. I, p. 702.

diphénylacétique. On a donc

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!>\! \underset{\diagdown O \diagup}{C - CH} - COOH = CO + \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!>\! CH - COOH.$$

J'ai refait cette condensation de la benzophénone en modifiant les conditions d'obtention. J'ai opéré soit à basse température, soit à l'ébullition dans l'éther ou la benzine, soit en employant des quantités d'éther monochloracétique et d'amidure supérieures à la quantité théorique. J'ai toujours obtenu l'acide glycidique fondant à 116°, qui s'est décomposé en acide diphénylacétique et oxyde de carbone, mais jamais je n'ai pu obtenir d'aldéhyde diphénylacétique.

Une opération a été effectuée avec M. Darzens, l'auteur de la méthode, en opérant la décomposition de l'acide glycidique sous un vide de 3^{mm}; les résultats ont été identiques.

Pouvant supposer que ces résultats étaient dus aux deux radicaux C^6H^5 fortement négatifs, j'ai essayé la même condensation avec la paratollylphénylcétone et avec la para-anisylphénylcétone. J'ai ainsi obtenu les éthers glycidiques suivants :

L'éther phényltollylacétique bouillant à 225° sous 18^{mm};
L'éther phénylanisylacétique » 240° sous 20^{mm}.

Saponifiés, ces éthers ont fourni les acides glycidiques correspondants :

L'acide phényltollylglycidique fondant à 134°;
L'acide phénylanisylglycidique » 110°.

Dans la décomposition de ces acides glycidiques, on remarque les mêmes phénomènes qu'avec l'acide diphénylglycidique, et j'ai ainsi obtenu les acides phényltollylacétique (P. F. 115°) et phénylanisylacétique (P. F. 100°), ce dernier n'ayant pas encore été mentionné.

Darzens ayant déjà signalé que l'acide phénylglycidique préparé par Erlenmayer ne donne, à cause de sa stabilité, que de très faibles rendements en aldéhyde, il semble donc bien que la présence de 2^{at} de carbone tertiaire au voisinage du groupe CO de la cétone génératrice soit la cause de la non-obtention de l'adhéhyde.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés halogénés de l'acide γ-oxycrotonique*. Note de MM. **Lespieau** et **Viguier**, présentée par M. Haller.

Nous avons indiqué dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 294) qu'en fixant du brome sur l'acide γ-oxytétrolique en solution

éthérée ou chloroformique, on obtenait simultanément deux corps : un acide-alcool

$$CH^2OH - CBr = CBr - CO^2H$$

et une lactone

$$\underbrace{CH^2 - CBr = CBr - CO}_{O}.$$

La lactone, identique à celle obtenue par MM. Hill et Cornelison à partir de l'acide mucobromique ou de l'acide tribromopyromucique (*Amer. Chem. J.*, t. XVI, p. 200), appartient évidemment à la série maléique ; il restait à savoir si l'acide avait une constitution semblable, ou si au contraire il n'appartenait pas à la série fumarique.

Nous avions déjà indiqué, comme étant en faveur de cette dernière hypothèse, le fait que l'acide est relativement stable vis-à-vis de la chaleur et qu'il ne donne pas de lactone avant la température à laquelle il commence à se décomposer ; encore faut-il ajouter que cette production de lactone est assez faible.

L'obtention d'un sel de potassium cristallisé à partir de notre acide offre une nouvelle raison de ne pas considérer la lactone comme dérivant simplement de cet acide. En effet MM. Hill et Cornelison n'ont pu obtenir aucun sel à partir de la lactone ; les alcalis ouvrent bien la chaîne lactonique, mais ils attaquent en même temps le brome, si bien qu'ayant voulu saturer la lactone en présence de phtaléine, ils n'ont obtenu le virage qu'après l'addition d'environ 2^{mol} de potasse au lieu de 1^{mol}. Nous avons nous-mêmes vérifié que l'addition de potasse ou de carbonate de potassium en faible quantité provoquait une destruction trahie par la production d'une couleur d'abord verte, puis brune très foncée. Au contraire la neutralisation de notre acide par une solution de potasse se fait très nettement après l'addition de 1^{mol} de base, en employant la phtaléine comme indicateur ; et il n'y a aucun brunissement de la liqueur. La solution aqueuse du sel, qu'on obtient aussi en saturant l'acide par le carbonate de potassium dissous, donne par évaporation le corps

$$CH^2OH - CBr = CBr - CO^2K + H^2O$$

cristallisé. Les cristaux perdent lentement leur eau à 110° ; à 130° ils subissent une décomposition plus profonde (*Analyse :* K, 12,35 ; H^2O, 5,51).

Nous avons pu, il est vrai, passer de l'acide à la lactone avec de bons rendements, seulement il nous a fallu faire usage des réactifs connus pour provoquer souvent le passage d'un stéréo-isomère à un autre. Le résultat le plus net nous a été fourni par l'acide bromhydrique. Ayant saturé de ce gaz

une solution de 1^g d'acide dans 10^g d'eau, puis ayant évaporé le tout dans le vide potassique après 4 jours de contact, nous avons obtenu un résidu de lactone pure fondant à 90°-91°, avec un rendement supérieur à 95 pour 100 (peut-être même le rendement est-il total, car la lactone est relativement volatile); on s'explique alors pourquoi dans la fixation du brome sur l'acide γ-oxytétrolique le rapport des poids de lactone et d'acide obtenus est assez variable d'une opération à une autre : des traces d'acide bromhydrique produisent des modifications considérables dans la valeur de ce rapport.

Sans prétendre trancher définitivement cette question d'isomérie si délicate, il nous semble que les faits dont nous venons de parler conduisent à s'arrêter pour l'instant à l'idée que notre acide possède plutôt une structure fumarique.

Dans le but de généraliser les résultats précédents, nous avons été amenés à étudier la fixation de l'acide bromhydrique sur l'acide γ-oxytétrolique. Cette fixation est facile, mais, comme c'était à prévoir d'après les faits précédemment exposés, les résultats sont quantitativement très différents suivant les conditions de l'expérience : si l'on dissout l'acide acétylénique dans l'acide bromhydrique fumant vers 30°, et qu'au bout d'une heure on soumette à des extractions à l'éther, après neutralisation partielle, on obtient un mélange de deux corps : un acide et une lactone monobromés; si l'on dissout l'acide acétylénique dans l'eau et qu'on sature ensuite le tout par un courant rapide d'hydracide, de façon à produire une forte élévation de température, on n'obtient guère que de la lactone : l'acide a disparu, isomérisé semble-t-il, puis lactonisé par l'acide bromhydrique.

La lactone monobromée obtenue fond à 77°; on la sépare de l'acide en utilisant sa solubilité dans le pétrole (éb. 80°-100°) bouillant; elle cristallise par refroidissement; si on la redissout dans l'eau chaude, elle se dépose sous forme d'aiguilles brillantes de plusieurs centimètres de longueur. Elle est identique à la lactone que MM. Hill et Cornelison ont obtenue par réduction du bromure de bromomaléyle (*Am. Chem. Journ.*, t. XVI, p. 277) et à laquelle ils attribuent la formule

$$\underbrace{CH^2 - CH = CBr - CO}_{O}$$

(*Analyse :* Br, 49,01).

L'acide monobromé fond à 158°-160°. Insoluble dans le pétrole bouillant, peu soluble dans la benzine ou le chloroforme, il se purifie par cristallisation dans un mélange de chloroforme et d'éther. Sa facile transformation en la lactone précédente nous fait admettre que le brome y est placé de même que chez celle-ci. Ce serait donc

le corps

$$CH^2OH - CH = CBr - CO^2H$$

(*Analyse :* C, 26,45; H, 2,87; Br, 44,08), mais il est probable qu'il appartient à la série fumarique.

Il est également facile de fixer de l'iode sur l'acide γ-oxytétrolique : il suffit pour cela de la maintenir en solution tiède en présence d'iodure de potassium et d'iode; par refroidissement, l'acide

$$CH^2OH - CI = CI - CO^2H$$

cristallise. Ce corps se dissout peu dans les solvants habituels autres que l'acétone; il fond à 173°-175° avec décomposition (*Analyse :* I, 71, 78). Cet acide cristallise inaltéré par refroidissement de sa solution dans l'acide chlorhydrique bouillant; l'acide bromhydrique paraît le lactoniser; en effet, il le transforme en un corps cristallisé, brillant, soluble, comme les deux lactones précédemment décrites, dans le pétrole chaud, et fondant à 143°-145°. Mais, à l'analyse, ce corps s'est montré impur. En y dosant les halogènes par le procédé de MM. Baubigny et Chavanne, nous y avons trouvé un manque d'iode notable, mais par contre 2 pour 100 de brome; nous n'avons pas réussi à purifier davantage ce composé.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Théorie des réactions colorées de la dioxyacétone en milieu sulfurique. Sa généralisation.* Note de M. G. **Denigès**.

I. Dans deux Notes présentées récemment à l'Académie des Sciences [1] j'ai montré qu'en mettant, en milieu sulfurique et dans des conditions de concentration bien déterminées, de la dioxyacétone en présence de composés phénoliques et de certains alcaloïdes morpholiques, on obtenait des colorations parfois fort belles et très intenses, même avec des traces du corps acétonique. En outre j'annonçais avoir obtenu des réactions similaires avec les dérivés analogues des polyalcools d'atomicité supérieure à celle de la glycérine (érythrites, alcools en C^5 et C^6).

Connaissant la facilité avec laquelle la dioxyacétone fournit du méthylglyoxal lorsqu'on la distille avec de l'acide sulfurique dilué; ayant constaté de plus combien aisément le glyoxal ordinaire se condensait avec

(1) G. Denigès, *Comptes rendus*, 18 janvier 1909, p. 172, et 1er février 1909, p. 282.

nombre de produits organiques notamment avec les phénols et les corps qui se rattachent à la morphine, j'ai pensé que la substance active, dans les réactions que j'ai signalées au sujet de la dioxyacétone, était vraisemblablement le méthylglyoxal lui-même.

C'est ce que l'expérience a pleinement confirmé. Avec du méthylglyoxal, préparé par le procédé de Pinkus (1), j'ai pu très facilement obtenir, en milieu sulfurique, directement avec la codéine, la morphine, l'oxydimorphine et l'apomorphine ; après addition de BrK, avec l'acide salicylique et le gayacol, des réactions identiques à celles que fournit la dioxyacétone en nature.

Dans les conditions expérimentales recommandées pour réaliser ces réactions, la transformation de la dioxyacétone en méthylglyoxal est d'autant plus complète que la dilution est plus forte. Ainsi s'explique le fait, signalé dans ma première Note, d'après lequel la sensibilité de la méthode s'accroît avec la dilution.

II. Des résultats, semblables dans leurs grandes lignes à ceux que fournit la dioxyacétone, s'observent avec les dérivés α-cétoniques des polyalcools plus élevés en atomicité que la glycérine, ainsi que j'aurai l'occasion de le montrer ultérieurement avec détail. On doit admettre que toutes ces substances, répondant à la formule générale

$$CH^2.OH\ldots CO.CH^2.OH,$$

mises en présence de l'acide sulfurique, surtout au bain d'eau bouillante, subissent une déshydratation spéciale aux dépens des groupements alcooliques primaires terminaux. Dans cette déshydratation, un de ces groupes perd O et se trouve transformé en CH^3 ; l'autre cède H^2 et devient groupement aldéhydique CHO. Par suite la nouvelle molécule affecte la forme

$$CH^3\ldots CO.CHO,$$

soit

$$CH^3.CO.CHO$$

pour le cas particulier du méthylglyoxal, anhydride de la dioxyacétone.

Quand les chaînons intermédiaires sont oxygénés, il peut se produire en outre des anhydrisations internes avec ou sans cyclisation. C'est ainsi que le fructose, qui appartient à cette catégorie de substances, donne, entre autres produits,

$$CH^3.\underbrace{C = CH - C(OH) = C}O.CHO$$

le méthyloxyfurfurol de Düll et Kiermayer (2) dont Ville et Derrien ont

(1) *Berichte der deutsch. chem. Ges.*, t. XXXI, p. 36.

(2) Kiermayer, *Chemik. Zeitung*, t. XIX, 1895, p. 1003.

tout récemment montré (¹) le rôle dans la classique réaction de Pettenkofer et qui est un dérivé immédiat du premier anhydride du fructose :

$$CH^3.CH.OH - CH.OH - CH.OH.CO.CHO.$$

Ce sont les composés aldéhydriques ainsi formés, sortes de glyoxals complexes qui, anhydrisés ou non, se condensent en milieu sulfurique, notamment avec les phénols et les alcaloïdes morpholiques, pour donner les produits colorés correspondant à ceux que j'ai particulièrement signalés dans le cas de la dioxy-acétone et du méthylglyoxal.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation des alcools par l'action simultanée du tannate de fer et de l'eau oxygénée.* Note de M. E. DE STŒCKLIN, présentée par M. ROUX.

J'ai montré récemment (²) comment le tannate de fer et l'eau oxygénée, réagissant à la façon d'un système peroxydase-hydroperoxyde, s'attaquaient pour les oxyder à un certain nombre de composés organiques monohydroxylés. J'indiquais comme particulièrement intéressant le cas de l'alcool éthylique transformé de la sorte en aldéhyde.

Poursuivant cette étude, j'ai cherché à aldéhydifier également d'autres alcools et j'ai réussi à oxyder les quatre premiers termes de la série : les alcools méthylique, éthylique, propylique et butylique; ces deux derniers sous leur forme normale seulement. Les alcools supérieurs (caprylique), de même que les formes isomériques des alcools inférieurs (isopropylique, isobutylique), résistent à l'action oxydante du système. Les poly-alcools (glycol, glycérine, sorbite) sont également attaqués.

La question d'intensité d'action étant mise à part, le tannate de fer se différencie encore des peroxydases, naturelles ou artificielles (³), par la propriété spécifique qu'elle possède d'oxyder les composés organiques monohydroxylés.

Le sulfate ferreux et le peroxyde d'oxygène peuvent aussi, il est vrai, attaquer quelques monophénols et, dans certaines conditions, aldéhydifier des poly-alcools, mais ils ne sauraient en aucun cas atteindre les mono-alcools (⁴).

(¹) J. VILLE et DERRIEN, *Réactions colorées des acides biliaires avec les aldéhydes furaniques. Véritable mécanisme de la réaction de Pettenkofer* (*Comptes rendus Soc. de Biologie*, t. LXVI, 5 février 1909, p. 175).

(²) E. DE STŒCKLIN, *Comptes rendus*, 28 décembre 1908.

(³) J. WOLFF, *Comptes rendus*, 6 avril 1908.

(⁴) HORSTMAN, FENTON et JACKSON, *Proceedings chem. Soc.*, t. XIV, 1898, p. 240.

Je me suis surtout occupé de l'étude quantitative de l'oxydation de l'alcool éthylique et les résultats de mes expériences indiquées ci-après se rapportent exclusivement à cet alcool. Les dosages d'aldéhyde et d'acide ont été opérés après 18 à 20 heures de contact des corps mis en présence et je me suis servi, pour la détermination quantitative de l'aldéhyde, de la méthode colorimétrique au bisulfate de rosaniline.

J'ai pu constater que le phénomène d'oxydation de l'alcool tel que je l'obtiens n'est pas limité à la seule production d'aldéhyde, mais que, au contraire, ce corps n'est qu'un terme intermédiaire d'oxydations plus avancées.

Les limites de cette Note ne me permettent pas d'exposer en détail les faits acquis, je dois me borner à en indiquer la signification en résumant les diverses réactions qui se passent au sein du liquide en expérience :

1° Transformation d'une partie de l'alcool en aldéhyde;

2° Oxydation d'une partie de cette aldéhyde en acide acétique;

3° Absorption simple d'une partie de l'aldéhyde par le tannate;

4° Sous l'influence d'un excès d'eau oxygénée, transformation probable d'une partie de l'aldéhyde en peroxyde d'aldéhyde (1). Ce dernier point semble ressortir de l'expérience n° 8 du Tableau II.

I. — *Action du tannate de fer sur l'alcool à* 50 *pour* 100 (20$^{cm^3}$ par essai).

	Numéros d'ordre.								
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Fer en milligrammes........	0,125	0,250	0,500	0,750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000
H^2O^2 à 20^{vol} en gouttes......	1	3	3	3	3	3	3	3	3
Aldéhyde en milligrammes...	1,56	1,88	2,27	2,73	3,07	5,75	6,78	7,87	8,90
Acidité calculée en CH^3COOH, en milligrammes..........	0,60	1,20	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00

II. — *Action du tannate de fer sur l'aldéhyde* (20$^{cm^3}$ par essai).

		Numéros d'ordre.							
	Témoin.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Fer en milligrammes........	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	0,50	0
H^2O^2 à 20^{vol} en gouttes......	0	3	3	3	3	3	3	0	3
Aldéhyde introduite.........	2,2	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Aldéhyde après réaction.....	2,2	2,39	2,90	3,14	3,44	3,67	4,58	2,16	1,73
Variation de l'aldéhyde......	0	0,19	0,70	0,94	1,24	1,47	2,38	0,04	0,47
Acidité calculée en milligr. d'acide acétique..........	0,60	1,80	3,30	3,96	5,28	5,94	7,26	0,66	0,66

(1) Bayer et Villiger, *Ber.*, t. XI, 1900, p. 2479.

La plupart de ces réactions ont déjà été signalées par Trillat [1] dans l'aldéhydification des vins; mes observations, bien que faites dans des conditions différentes, sont donc d'accord avec celles de Trillat et expliquent peut-être le mécanisme du phénomène.

Il ressort du premier Tableau que la quantité d'aldéhyde formée est sinon proportionnelle, du moins en rapport de croissance avec les masses de fer mises en œuvre. Pour ce qui est de l'acide acétique, sa croissance est beaucoup plus régulière et, rapportant l'action du fer à la production de cet acide, j'ai pu me convaincre que le mode d'action du tannate de fer et du peroxyde d'hydrogène est sensiblement le même que celui que j'ai observé avec la peroxydase du raifort et l'eau oxygénée.

Le second Tableau nous montre dans les six premiers essais comment le tannate de fer et l'eau oxygénée, agissant sur une solution d'aldéhyde dans l'alcool à 50 pour 100, transforment l'aldéhyde en acide, en oxydant également l'alcool. Les essais 7 et 8 indiquent bien que l'acétification n'est pas spontanée mais qu'elle est due à l'enzyme artificiel lié au peroxyde d'hydrogène. Ces deux essais montrent, de plus, que le tannate de fer seul, comme aussi l'eau oxygénée seule, font l'un et l'autre disparaître une certaine quantité d'aldéhyde qui n'est pas transformée en acide, si l'on compare leur acidité à celle du témoin.

J'ajouterai provisoirement que j'ai constaté avec M. Vulquin [2] qu'en remplaçant, dans le système tannate de fer-eau oxygénée, le tanin par d'autres corps organiques, on peut produire des phénomènes d'oxydation analogues.

BIOLOGIE. — *Sur la castration thelygène chez* Zea Mays *L. var.* tunicata, *produite par l'*Ustilago Maydis *D. C.* (*Corda*). Note de M. **Chifflot**, présentée par M. Guignard.

Les cas de castration thelygène, assez nombreux dans la nature, ont été principalement étudiés par Giard, Kellermann, Swingle, Magnin, etc., pour ne citer que les auteurs les plus connus.

On sait que, le plus souvent, cette castration est provoquée soit par des Ustilaginées, *Ustilago* ou *Tilletia;* soit par d'autres parasites végétaux, Urédinées; soit parfois même par des insectes.

---

(1) Trillat, *Ann. Inst. Pasteur*, novembre 1908.

(2) Je tiens à remercier ici M. Vulquin du précieux concours qu'il m'a si aimablement prêté au cours de ce travail.

Le genre *Zea* ne reste pas étranger à cette castration et plus particulièrement le *Zea Mays* L. var. *tunicata* que de Vries (1) et Blaringhem (2) considèrent avec raison comme une *espèce élémentaire*.

En effet, si nous considérons ce qui se passe dans les cultures du Jardin botanique de Lyon, au Parc de la Tête d'Or, où nous cultivons depuis un certain nombre d'années le *Zea Mays* L. var. *tunicata*, nous constatons que nous avons toujours obtenu deux sortes d'épis femelles, les uns à graines tuniquées, les autres à graines nues. Pour des causes indépendantes de notre volonté, les graines semées chaque printemps ont toujours été prises sur des épis à grains nus.

Chaque fois, nous avons obtenu des pieds à épis femelles à grains tuniqués et d'autres, en plus grand nombre, possédant des épis à grains nus. Il ne nous est pas possible, pour le moment, de donner la proportion entre ces deux sortes d'épis.

J'ajouterai que le repiquage de ces plants s'effectue par la mise en place de la motte entière; ceci pour *affirmer l'absence de tout traumatisme violent des racines et des jeunes tiges*, ainsi que nous nous en sommes assuré à maintes reprises. De plus, ces jeunes plants occupent, au Jardin botanique, une place déterminée où le charbon, *Ustilago Maydis* D. C. (*Corda*), existe en permanence.

Nous avons d'ailleurs montré, il y a quelques années, la présence de ce parasite sur les racines du *Zea Mays* L. var. *quadricolor* et nous avons insisté sur les déformations provoquées par ce parasite.

Nous n'avons jamais remarqué le charbon sur celles de *Zea Mays* L. var. *tunicata*. Si nous examinons les inflorescences mâles de cette dernière espèce, prise sur des pieds soit à grains tuniqués, soit à grains nus, celles-ci nous montrent des cas tératologiques, la plupart signalés par Penzig (3) et par Blaringhem (4) et d'autres peu connus ou inédits, que nous décrirons plus longuement dans un Mémoire ultérieur.

Mais que, pour Blaringhem, les anomalies observées sur cette espèce élémentaire soient provoquées par un *traumatisme violent*, cela n'a pas lieu de nous étonner puisque les mêmes anomalies se produisent sous l'influence

(1) *Species and varieties*. Trad. fr. Blaringhem, p. 407.

(2) *Action des traumatismes sur la variation et l'hérédité* (*Thèse*, Paris, 1907, p. 148).

(3) *Pflanzenteratologie*, 1890-1894 et *Bibliog. ant.*, t. II, p. 458-463.

(4) *Op. cit.*, p. 122-128 (*Pl. IV, fig.* 61-64).

d'un parasite qui est ici l'*Ustilago Maydis* provoquant ce qu'on pourrait appeler un *traumatisme parasitaire*.

Si les mêmes causes produisent les mêmes effets, dans ce qu'il est juste d'appeler les sciences exactes, en Biologie générale, des causes différentes peuvent produire des effets identiques.

Si l'on examine des panicules mâles auxquelles Blaringhem a donné le nom d'*inflorescences en choux-fleurs* (1), on y constate l'existence, quand ces inflorescences sont envahies par l'*Ustilago Maydis* D. C. (Corda), *et seulement dans ce cas,* de fleurs femelles et de fleurs hermaphrodites. Dans les fleurs mâles et les fleurs hermaphrodites, les étamines sont parfois normales, avec leurs anthères paraissant extérieurement bien constituées, mais à déhiscence nulle ou seulement apicale. Les grains de pollen ont leur forme habituelle, mais avec un contenu profondément modifié sur lequel je n'insisterai pas pour l'instant.

Parfois, dans ces mêmes fleurs, les filets des étamines sont seuls hypertrophiés et, dans les fleurs hermaphrodites, l'ovaire n'arrive jamais à maturité complète.

Il n'en est pas de même dans les fleurs femelles de ces panicules mâles en choux-fleurs, qui, *sans avoir subi aucune réduction,* donnent des graines mûrissant parfaitement.

Ces graines nous ont montré parfois deux embryons bien constitués. Les étamines ne sont représentées ici que par des mamelons à peine visibles.

Si l'on compare ces panicules mâles ustilaginisées avec les panicules mâles normales et saines, aucun des faits signalés ci-dessus ne se présente.

Ce *traumatisme parasitaire* produit donc des effets de même ordre que le *traumatisme violent* de Blaringhem et ces effets peuvent s'expliquer à l'aide de l'hypothèse émise par J. Laurent (2), c'est-à-dire accroissement de la pression osmotique interne, due, dans le cas qui nous occupe, à la présence de l'*Ustilago*, lequel provoque les hypertrophies bien connues des organes végétatifs et des organes de reproduction.

De cette courte Note nous pouvons donc conclure que :

1° Le retour du *Zea Mays* L. à la forme élémentaire ancestrale *Zea Mays* L. var. *tunicata* est un fait acquis;

2° Le traumatisme violent de Blaringhem, comme le *traumatisme parasi-*

---

(1) *Op. cit.*, p. 122.

(2) *Une nouvelle hypothèse sur le déterminisme du sexe* (*Congrès de l'A.F.A.S.* 1906, tirage à part, p. 1-6).

taire dû à l'*Ustilago Maydis* D. C. (Corda), provoquent les mêmes accidents tératologiques, entraînant en partie la castration thelygène chez cette espèce élémentaire;

3° L'hypothèse de J. Laurent est parfaitement admissible pour expliquer ces anomalies.

BOTANIQUE. — *Sur des variations de vignes greffées.* Note de M. F. **Baco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Une vigne greffée conserve-t-elle intégralement tous ses caractères ampélographiques? Je me suis proposé d'apporter une modeste contribution à l'étude de cette question controversée. Les vignes sur lesquelles ont porté mes recherches sont situées dans quatre champs d'expériences que j'ai établis dans le département des Landes où je cultive comparativement, francs de pied et greffés, des hybrides que j'ai créés par croisement sexuel et les cépages français de notre région.

Voici quelques-uns des résultats de mes études, choisis parmi ceux qui m'ont paru le plus démonstratifs :

1. *Variations de mes hybrides franco-américains.* — Mon hybride 7A franc de pied (Chasselas × Noah) a des feuilles de grandeur moyenne, rigides et découpées; ses rameaux sont de couleur noisette uniforme; son raisin est franc de goût, moyennement sucré. Greffé sur Riparia Gloire, ses feuilles augmentent de dimensions et deviennent souples comme celles du sujet. Greffé sur Folle, les rameaux conservent bien la couleur noisette, mais ils acquièrent des raies brunes; le raisin prend le goût du Chasselas, un des parents de cet hybride. Sur Riparia Gloire, on retrouve aussi dans les raisins le goût très sucré du Chasselas, mais les sarments sont bruns avec des raies brun très foncé.

L'hybride 44A franc de pied (Baroque × Noah) a des feuilles palmées de taille moyenne et des entrenœuds assez longs de couleur noisette à raies brunes; sa grappe est ailée et ses gros grains sont peu serrés et très foxés. Greffé sur Folle, les feuilles deviennent plus grandes, presque entières; les entrenœuds, plus courts, sont bruns à raies brunes plus foncées; les grappes sont plus rarement ailées, leurs grains sont plus petits et plus serrés; le goût de fox a disparu complètement.

L'hybride 22A (Folle blanche × Noah) possède des grappes souvent ailées, à grains moyens espacés, à léger goût de fox. Greffé sur Folle, sur Riparia et sur Riparia-Rupestris 101^{14}, la grappe perd ses ailes et le raisin son goût de fox. Sur Riparia Gloire, les ailes manquent aussi le plus souvent, mais le goût de fox persiste.

L'hybride 45-8 (Seibel 1 × Folle blanche) greffé sur Folle donne des raisins dont le goût rappelle celui des raisins de la Folle. Les variations de la feuille de cet hybride suivant les sujets sont très remarquables : greffé sur Riparia, elles sont entières, mi-

planes et rigides; sur Folle, elles sont lobées et rigides, tenant du sujet; sur Riparia-Rupestris 3309, elles sont entières, en gouttière, rigides et tiennent aussi du sujet; sur Castets, elles gardent le type de 45-8 greffé sur Riparia; sur Grosse Chalosse, elles sont entières, planes, souples et lisses.

Enfin le 20A (Folle blanche × Noah), dont les feuilles sont acuminées et grandes, perd en partie ces caractères, greffé sur Folle, pour prendre plus ou moins ceux du sujet.

2. *Variations de vignes françaises et de leurs sujets.* — Les vignes françaises greffons, ainsi que leurs sujets, ont fourni des variations intéressantes. Parmi celles-ci, je citerai les modifications que j'ai observées sur des greffes mixtes de Tannat greffé sur Mourvèdre-Rupestris 1202, sur Aramon-Rupestris Ganzin 1, et de Baroque sur Chasselas-Berlandiéri 41 B.

Le Tannat est un Vinifera à grappe compacte, allongée, non ailée en général, à beaux grains portés par des pédicelles encore verts au moment de la cueillette et rougissant ensuite légèrement. Le 1202 a des grappes largement ailées, lâches, et à grains assez petits. Un cep de Tannat greffé sur 1202 a fourni des greffes lâches ailées, à grains plus petits avec pédicelles rouge carmin vif; l'analogie avec les grappes de 1202 était remarquable. Les feuilles se rapprochaient en outre de celles du 1202 par leur forme, leur villosité moindre et leur parenchyme peu épais. Des rejetons du sujet se rapprochaient au contraire, comme caractères, de ceux du greffon.

Le Tannat greffé sur Aramon-Rupestris Ganzin 1 a donné sur quelques pieds des variations du même genre. Sa grappe s'est raccourcie en devenant ailée et les pédicelles des grains ont pris une teinte rouge carmin très vive. On pouvait aussi constater des passages bien nets de la feuille du greffon à celle du sujet, et inversement.

Un autre Vinifera, le Baroque blanc, franc de pied, présente des feuilles très différentes du 41 B comme forme, gaufrage et villosité. Greffé sur ce 41 B, la feuille s'est modifiée dans certains ceps; elle est devenue demi glabre, et son gaufrage, comme ses contours, offraient des rapports bien nets avec les caractères correspondants dans le 41 B. On constatait aussi que les feuilles d'un rejeton du sujet présentaient des caractères intermédiaires entre les feuilles lisses et glabres du 41 B, franc de pied, et celles gaufrées et duveteuses du Baroque, franc de pied; les feuilles de ce rejeton étaient gaufrées et pubescentes.

J'ai enfin constaté des variations dans les résistances des vignes greffées suivant la nature des greffons ou des sujets et suivant la nature de la maladie parasitaire considérée ou les changements de milieu.

Je me suis demandé en outre si les variations ainsi obtenues dans mes greffes se maintenaient par multiplication végétative. Dans les quelques essais que j'ai faits, il en a été ainsi. Je me propose de continuer et de compléter mes expériences sur ce point.

De ces faits on peut tirer les conclusions suivantes :

La greffe ne maintient pas, d'une façon absolue, les caractères des vignes

qu'on associe, qu'il s'agisse du sujet ou du greffon. Il y a des cas où l'on observe des modifications de ces caractères ou des transmissions réciproques de certains autres caractères considérés comme primordiaux ou définitivement acquis par les ampélographes. Un caractère déterminé d'un hybride peut être augmenté ou diminué, c'est-à-dire corrigé rationnellement par certains greffages sur sujets appropriés.

BOTANIQUE. — *Influence de la greffe sur quelques plantes annuelles ou vivaces par leurs rhizomes.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Divers expérimentateurs ont étudié déjà la greffe de plantes vivaces par leur rhizome sur des plantes annuelles. Ainsi Sutton, ayant greffé la Pomme de terre sur la Tomate, a constaté la formation de tubercules aériens sur le greffon. Maule, Carrière et Vöchting ont obtenu des résultats assez contradictoires avec des greffes de Topinambour sur Soleil annuel; les premiers ont vu une sorte de tuberculisation du Soleil annuel là où Vöchting n'a rien obtenu. Il était donc intéressant de répéter ces greffes et d'en faire d'analogues en vue d'élucider cette question. C'est ce que j'ai fait depuis 1895 pour la Pomme de terre et la Tomate, ainsi que pour divers *Helianthus* vivaces et le Soleil annuel, que j'ai greffés chaque année.

1. *Pomme de terre et Tomate.* — J'ai greffé la Pomme de terre sur la Tomate à deux époques différentes, au printemps et à l'automne. Dans le premier cas, j'ai pris pour greffon les pousses venues directement sur le tubercule mère; dans le second, j'ai choisi des rameaux secondaires issus tardivement des pousses du printemps. Dans la majeure partie des greffons, il s'est formé des chapelets de tubercules aériens, de grosseur variable, de teinte verte, avec des bourgeons pourvus de feuilles plus ou moins rudimentaires. D'autres greffons présentaient un autre mode de mise en réserve; les substances de réserve s'accumulaient aux nœuds de la tige, à la base des feuilles qui se renflaient pendant que le bourgeon formait un tubercule mamillaire. Enfin, plus rarement, le greffon ne formait aucun tubercule en vue du passage à l'état de vie ralentie.

La Tomate sujet, dans la très grande majorité des cas, n'a subi que des modifications peu importantes; jamais elle n'a produit de tubercules. En général, elle ne s'est pas lignifiée plus qu'à l'ordinaire. Toutefois, sur quelques exemplaires dont les greffons n'avaient pas de tubercules aériens, j'ai observé très exceptionnellement un grossissement anormal de la tige sujet avec l'apparition d'excroissances irrégulières au voisinage du bourrelet. Ces excroissances étaient des broussins de greffe formés d'un bois fort dur; la tige sujet était également devenue très ligneuse.

2. *Helianthus pourvus de rhizomes et Helianthus annuus.* — Dans le genre

Helianthus, j'ai particulièrement étudié les greffes des *Helianthus tuberosus*, *lactiflorus* et *multiflorus* sur *Helianthus annuus*. Les résultats obtenus ont été assez variables suivant les greffons employés, suivant les exemplaires d'une même série de greffes et suivant les années dont les conditions climatologiques sont loin de se ressembler. Les différences d'amplitude des phénomènes observés proviennent, en outre, des bourrelets qui sont inégaux entre eux, ainsi qu'on peut s'en rendre compte facilement, même à l'œil nu.

Les greffons d'*Helianthus tuberosus* subissent parfois un retard de floraison considérable. Certaines années, dans les cultures en pots, la floraison n'a pas eu lieu chez certains exemplaires. Le sujet ne pouvant emmagasiner l'inuline, la mise en réserve subit des variations chez le greffon qui, en général tardivement, donne des tubercules aériens dans la majorité des greffes. On voit d'abord le greffon se gonfler plus ou moins au voisinage du bourrelet; la pression exercée en ce point peut aller jusqu'à faire éclater les tissus et, par les plaies, s'échappe un liquide sucré et parfois une oléorésine. Un peu au-dessus s'échelonnent des tubercules violets, sessiles, rappelant les tubercules souterrains et présentant des mamelons radiculaires adventifs. Dans certains greffons, cette tuberculisation n'a pas lieu; dans d'autres, elle est accompagnée d'une formation de tubercules mamillaires, feuillés plus ou moins, et qui naissent soit à l'aisselle des feuilles végétatives, soit à la place des rameaux de l'inflorescence qui ne se développent pas. Dans ce dernier cas, la reproduction agame prend complètement la place de la reproduction sexuée.

Le Soleil annuel sujet est lui-même modifié. Il grossit beaucoup en général et son chevelu radiculaire augmente; il est formé par un bois fort dur. Au voisinage du bourrelet s'observent des broussins de greffe, mais je n'ai jusqu'ici obtenu aucune tubérisation.

Avec les *Helianthus lactiflorus* et *multiflorus*, on observe des phénomènes analogues. Toutefois, la tuberculisation aérienne est moins prononcée; les fleurs non seulement persistent, mais deviennent souvent plus grandes; la tige florale est plus ramifiée; l'appareil végétatif est plus trapu et les feuilles plus développées que dans les francs de pied témoins. La lignification du sujet et son hypertrophie sont plus prononcées que dans les greffes correspondantes de Topinambour.

En résumé, il résulte de ces expériences poursuivies pendant treize années consécutives que, dans les diverses plantes vivaces à rhizomes greffées sur plantes annuelles, le sujet et le greffon réagissent l'un et l'autre en présence des conditions de vie anormale où les place leur symbiose. Le greffon, ne pouvant utiliser son sujet comme magasin de réserve, forme des tubercules aériens dans un grand nombre de cas. Le sujet, ne pouvant servir de magasin de réserve, utilise en partie les matériaux nutritifs du greffon à la formation d'un tissu ligneux, anormal, rappelant ce qui se passe dans les plantes ligneuses vivaces.

Cette suppléance si remarquable entre la lignification et la tuberculisation, accidentelle chez la Tomate et la Pomme de terre, est constante dans le

Soleil annuel servant de sujet aux *Helianthus* à rhizomes (*H. tuberosus, lactiflorus* et *multiflorus*). On peut la considérer comme un fait définitivement acquis sous notre climat pour les greffes de ces Composées.

BOTANIQUE. — *Les divisions phytogéographiques de l'Algérie.* Note de M. G. LAPIE, présentée par M. Gaston Bonnier.

Cosson distinguait en Algérie quatre régions botaniques (1) : le *Tell* ou pays de l'olivier, les *steppes* occupant les Hauts-Plateaux et couvertes d'alfa, le *Sahara algérien* caractérisé par la culture du palmier-dattier et la *région montagneuse* formée par les hauts sommets du petit Atlas et de l'Atlas saharien, mais chacune de ces régions est loin d'être uniforme (2).

Nous avons cherché, en nous basant sur les travaux antérieurs, sur la statistique météorologique (3), sur les cartes forestières et sur nos observations personnelles, à diviser l'Algérie en domaines et secteurs (4). Laissant de côté la région saharienne et la plaine du Hodna qui s'y rattache, nous distinguerons trois domaines : le *domaine mauritanien septentrional,* le *domaine mauritanien méridional* et le *domaine des hautes montagnes atlantiques.*

Les deux premiers présentent une saison sèche et chaude et une saison humide plus froide, mais le domaine septentrional est beaucoup mieux arrosé que le domaine méridional et possède une saison sèche plus courte et des écarts de température moins considérables. Le troisième seul a des hivers rigoureux, il tranche nettement sur la région méditerranéenne et se rapproche de la région des hautes montagnes de l'Europe. Les chutes de neige y sont abondantes avec persistance de celles-ci sur le sol pendant plusieurs mois.

1° Le *domaine mauritanien septentrional,* qui commence à l'Ouest vers Tenès et s'étend de l'Est jusqu'en Tunisie, atteint vers le Sud la limite nord des Hauts-Plateaux; cette région reçoit au minimum $0^m,60$ (exceptionelle-

---

(1) COSSON, *Le règne végétal en Algérie,* Paris, 1879.

(2) TRABUT, *Les zones botaniques de l'Algérie* (*Ass. franç. p. l'avanc. des Sc.,* 1888).

(3) A. THEVENET, *Essai sur la Climatologie algérienne,* Alger, 1896.

(4) FLAHAULT, *Premier essai de nomenclature phytogéographique,* Montpellier, 1901.

ment ($0^m,50$) de pluie par année. La saison sèche y commence en juin (hauteur des pluies, 20^{mm} environ) pour se terminer en octobre (60^{mm} de hauteur de pluie). La moyenne des températures du mois le plus froid (janvier) varie de $+ 2°$ à $+ 6°$. Nous distinguerous dans ce domaine trois secteurs :

a. Le *secteur numidien* s'étend de l'Ouest à l'Est, de l'Isser jusqu'en Tunisie, et, du Nord au Sud, de la mer jusqu'aux crêtes du petit Atlas. La hauteur annuelle des pluies y varie de $0^m,70$ à $1^m,15$. La base géologique est formée dans l'ensemble par les grès de Numidie. C'est le pays des forêts de chêne-liège. Les plateaux et les sommets de la moyenne montagne sont souvent occupés par les chênes à feuilles caduques. (*Quercus Mirbeckii* D. R. et *Q. Afares* Pom.). Certaines espèces lui sont spéciales.

b. Le *secteur algerois* s'étend à l'ouest du précédent jusqu'au méridien de Tenès. La chute annuelle des pluies varie de $0^m,60$ à $0^m,80$. Les massifs montagneux sont formés par le Crétacé. Les forêts de pins d'Alep et de chêne-vert dominent; le chêne-liège est encore assez abondant, mais il ne constitue plus de grands massifs. Le *Myrtus communis* L. n'est commun que dans ce secteur et dans le précédent. Le *Callitris quadrivalvis* Vent. existe surtout dans la partie occidentale et avec lui un certain nombre de plantes d'Oranie. Le *Chamærops humilis* L. est très répandu.

c. Le *secteur du Tell méridional* occupe le surplus du domaine septentrional, soit une bande comprise entre les crêtes du petit Atlas et les Hauts-Plateaux. La lame d'eau annuelle varie de $0^m,45$ à $0^m,75$. Cette région, où dominent les terrains crétacés, est peuplée de pins d'Alep avec du genévrier oxycèdre, quelquefois du genévrier de Phénicie et du *Callitris* dans la partie Ouest. Le chêne-vert domine dès que l'altitude augmente.

Le *Rosmarinus officinalis* L. abonde avec de nombreux éléments des régions plus méridionales. Le chêne-liège n'existe qu'en montagne sur quelques points bien arrosés.

2° Le *domaine mauritanien méridional,* limité au Nord, dans sa partie orientale, par le domaine précédent et, dans sa partie occidentale, par la mer Méditerranée, s'étend au Sud jusqu'au Sahara algérien et se prolonge vers l'Est en Tunisie, vers l'Ouest au Maroc. La lame d'eau annuelle y varie en général de $0^m,30$ à $0^m,60$. La saison sèche se prolonge souvent jusqu'aux mois de novembre et décembre; sur le littoral même elle ne finit qu'en novembre. C'est le domaine de l'alfa. Nous y distinguerons cinq secteurs :

a. Le *secteur oranais* qui occupe le nord de l'Oranie se trouve dans des conditions de température assez voisines de celles du domaine septentrional, mais la chute des pluies n'est que de $0^m,40$ à $0^m,55$ par année. C'est une région jurassique et tertiaire comprenant des forêts de *Callitris quadrivalvis* Vent., de pin d'Alep et de chêne-vert. La flore de la steppe s'y mêle déjà à la flore méditerranéenne.

La région de Tlemcen la mieux arrosée (63^{cm}) comprend quelques forêts de chêne-liège. Cette partie montagneuse de l'Oranie doit former un district spécial.

Dans les autres secteurs la moyenne des températures du mois le plus chaud (août)

varie en général de 35° à 40°. La moyenne des températures du mois le plus froid (janvier) est de 0° à 2°. Les variations diurnes sont très prononcées ; l'évaporation est intense.

b. Le *secteur des steppes,* qui occupe les Hauts-Plateaux de l'Algérie occidentale, est une région pléistocène, parsemée de *chotts.* La lame d'eau annuelle varie de 30^{cm} à 40^{cm}. On y rencontre suivant les stations le *Stipa tenacissima* L., l'*Artemisa Herba alba* Assó., l'*Aristida pungens* Desf. et diverses halophytes. Le *Pistacia atlantica* Desf. croît dans les Dayas.

c. Le *secteur de l'Atlas saharien* comprend la région montagneuse qui sépare le précédent secteur du Sahara. Ce massif crétacé est parsemé de forêts de pins d'Alep et de genévriers où se côtoient le *Juniperus Oxycedrus* L. et le *J. phœnicea* L. Le dernier domine aux basses altitudes. Sur les hauts sommets on retrouve quelquefois une flore plus septentrionale assez riche en espèces d'Europe.

d. Le *secteur des Plateaux constantinois* comprend les vastes plateaux pléistocènes, complètement déboisés, qui occupent la région de Sétif et s'étendent vers l'Est. La lame d'eau varie de 40^{cm} à 60^{cm}. L'*Othonnopsis cheirifolia* J. Sp. et le *Retama sphærocarpa* Bois sont caractéristiques de ce secteur.

e. Le *secteur sud-constantinois,* qui se trouve au sud et à l'est du précédent, est formé par le Crétacé en partie recouvert par des assises éocènes et miocènes. La chute des pluies a été peu étudiée (35^{cm} à Tébessa). Les forêts sont composées de pin d'Alep et de genévrier. Le *Juniperus phœnicea* L. domine vers l'Ouest, tandis que le *Juniperus Oxycedrus* L. se rencontre surtout à l'Est. Le chêne-vert occupe la moyenne montagne.

3° Le *domaine des hautes montagnes atlantiques* qui s'étend sur différents massifs entre 1300^{m} ou 1400^{m} et les sommets les plus élevés, est surtout représenté dans l'Est, au sud du secteur numidien (Djurdjura et Babors) et dans le secteur sud-constantinois (Maadid, Aurès). C'est une zone à caractère subalpin, couverte de forêts de cèdre ou de pelouses pseudo-alpines.

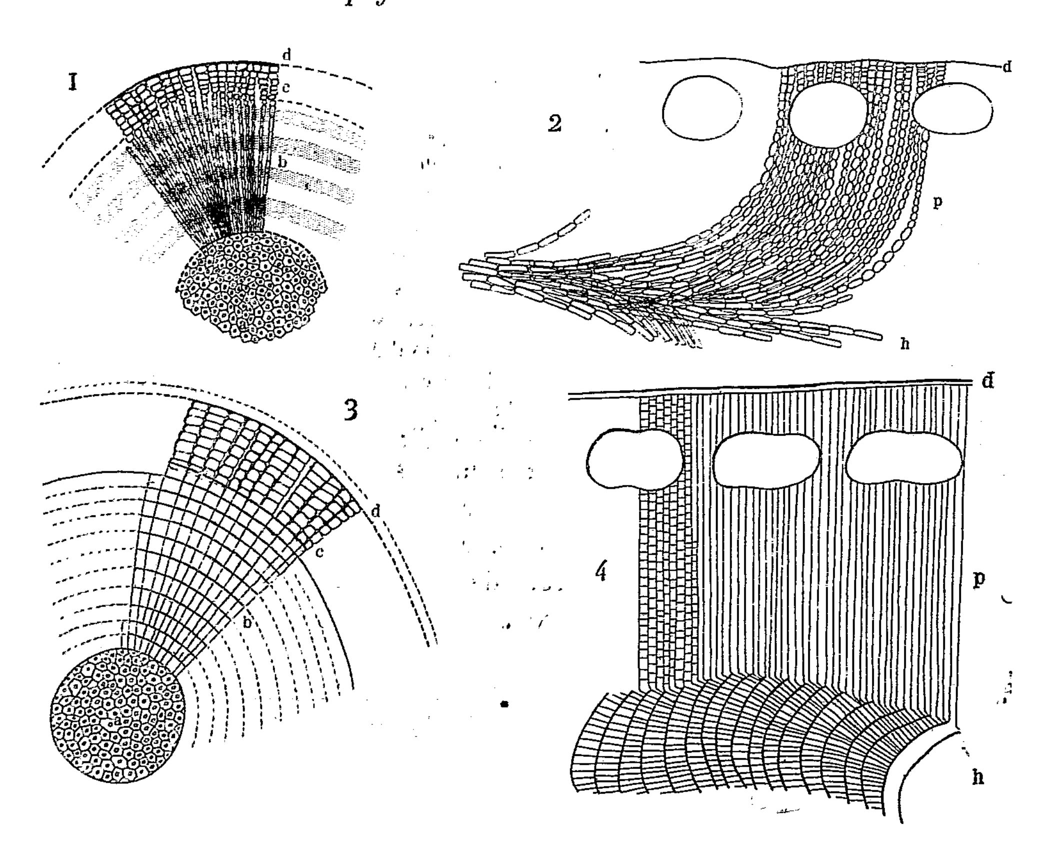
Une étude plus complète permettra de diviser les différents secteurs en districts et même en sous-districts. Nous avons dû nous borner dans cette Note à la reconnaissance détaillée de la Kabylie du Djurdjura.

BOTANIQUE. — *Sur la distinction anatomique des genres* Lithothamnion *et* Lithophyllum. Note de Mme **Paul Lemoine**, présentée par M. L. Mangin.

La classification des Mélobésiées (algues calcaires) a été jusqu'à présent basée sur les caractères des organes reproducteurs : tétrasporanges, cystocarpes, etc. On n'a pas assez tenu compte des caractères anatomiques. Or, de l'avis même des auteurs de ces classifications, certaines espèces sont rare-

ment fructifiées, d'autres ne présentent souvent qu'une seule sorte d'organe; enfin les échantillons, récoltés dans une saison défavorable ou ayant cessé de vivre, en sont dépourvus.

La difficulté de rencontrer ces organes reproducteurs servant de base à la classification m'a conduite à étudier l'anatomie des Mélobésiées. Cette Note a pour but de montrer qu'on peut définir, par leurs caractères anatomiques, les différents genres de ce groupe, et en particulier les genres *Lithothamnion* et *Lithophyllum*.



Dans chacun de ces genres, il y a lieu de considérer deux types morphologiques correspondant à deux types de structure : 1° *espèces en croûte;* 2° espèces en croûte, surmontée d'excroissances ou de tiges plus ou moins développées (*espèces dressées*).

D'une manière générale, les espèces en croûte (*fig.* 2 et 4) sont formées de deux parties : une partie basilaire, ou *hypothalle* (*h*), qui envoie des rhizoïdes dans le substratum; une partie supérieure, le *périthalle* (*p*), limité par

une écorce et une cuticule (*d*). Les files cellulaires de l'hypothalle occupent l'axe des tiges dressées et s'épanouissent vers la périphérie; il s'ensuit qu'une section perpendiculaire à l'une de ces tiges (*fig.* 1 et 3) coupe les files cellulaires, perpendiculairement dans la région centrale (*a*), radialement dans la région périphérique (*b*); l'ensemble est limité par une écorce (*c*) à cellules plus grandes et plus irrégulières, et par une cuticule (*d*). On devra donc rencontrer dans la région (*b*) des espèces dressées les mêmes caractères distinctifs que dans l'hypothalle (*h*) des espèces en croûte. C'est en effet ce que j'ai pu démontrer.

I. LITHOTHAMNION. — 1° *Espèces en croûte* (*fig.* 2). — L'hypothalle est formé de files de cellules horizontales enchevêtrées; les cellules sont plus ou moins rectangulaires, étroites, allongées dans le sens des files, toujours plus longues que celles du périthalle. Ces files envoient des ramifications qui s'élèvent vers la partie supérieure, deviennent peu à peu verticales et constituent le périthalle.

2° *Espèces dressées* (*fig.* 1). — Les files radiales sont lâches, à cellules petites, ovoïdes. Aussi bien dans le périthalle des formes en croûte que dans la partie *b* des formes dressées, les files sont traversées par des zones d'accroissement (en grisé, *fig.* 1) où la coloration des réactifs est plus accentuée; ces zones coïncident avec des régions où l'amidon est plus abondant.

II. LITHOPHYLLUM. — 1° *Espèces en croûte* (*fig.* 4). — L'hypothalle est formé d'assises concentriques de cellules formant des éventails successifs; les cellules sont rectangulaires, très régulières, juxtaposées; leurs assises sont séparées par d'épaisses bandes, formées par les cloisons développées des cellules et constituées surtout par de la cellulose. Le périthalle est formé de files dressées perpendiculairement à la direction des éventails de l'hypothalle et se raccordant avec eux à angle droit.

2° *Espèces dressées* (*fig.* 3). — Les cellules des files radiales sont disposées en assises séparées par d'épaisses bandes correspondant à l'épaississement des cloisons; les cellules sont carrées ou rectangulaires, juxtaposées et régulières. L'amidon est en grains nombreux, groupés aux extrémités des cellules et par suite disposés également en bandes concentriques.

En résumé la caractéristique de *Lithophyllum* est la présence d'un tissu compact parcouru par d'épaisses bandes séparant les assises concentriques des cellules de l'hypothalle et dues à l'épaississement des cloisons des cellules; cela aussi bien dans les formes dressées (*fig.* 3, *b*) que dans les formes en croûte (*fig.* 4, *h*). La caractéristique de *Lithothamnion* est au contraire la présence d'un tissu lâche constitué par des files de cellules en chapelet.

Comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre, cette méthode donne des résultats concordants avec la classification basée sur l'étude des organes

reproducteurs. Je montrerai prochainement qu'elle s'applique à d'autres genres de Mélobésiées, et même à la détermination des espèces; elle aura surtout de l'intérêt pour la détermination des échantillons stériles et des formes fossiles, toujours si difficiles à identifier.

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Sur des cas de céphalisation anormalement multiple chez des Syllidiens en stolonisation.* Note de M. **Aug. Michel**, présentée par M. Henneguy.

L'observation suivie de Syllidiens pendant leur évolution stoloniale, à la Station zoologique de Naples, m'a fourni quelques cas de production anormale de têtes, supplémentaires par rapport à celle du stolon. Chez *Syllis prolifera* et *Syllis vittata* j'ai vu des yeux se produire, d'un seul côté, sur le dernier segment de la souche, et, chez un individu de *Trypanosyllis zebra*, un œil s'est formé aussi sur le deuxième anneau du stolon; cas restreints qu'on pourrait rapprocher de l'apparition normale de taches oculiformes sur la plupart des anneaux des stolons acéphales. Mais plus extraordinaire s'est montré un individu de *Syllis amica*, par le nombre (12) des têtes supplémentaires développées respectivement aux anneaux successifs et l'adjonction aux yeux d'appendices dans la plupart de ces anneaux anormaux, jusqu'à faire de certains d'entre eux des têtes complètes suivant le type stolonial de l'espèce.

Un fragment moyen de ce Syllidien, composé de 38 anneaux, après avoir régénéré une tête avec quelques segments post-céphaliques, et une courte queue segmentée, se mettait à produire des têtes stoloniales; d'abord il y avait avance du septième anneau (ancien), puis de là cette formation s'étendait aux anneaux voisins en avant et en arrière, mais irrégulièrement graduée et bien plus complète à droite qu'à gauche, dissymétrie aussi notée pour la tête principale pendant sa régénération; ainsi bientôt une céphalisation plus ou moins avancée avait atteint 12 anneaux depuis le deuxième jusqu'au treizième. Cette production débutait par la saillie de tubercules, presque tous pourvus ensuite d'yeux; les yeux grossissaient et les antennes apparaissaient; puis celles-ci devenaient articulées, et des palpes se montraient et s'allongeaient en massue. Finalement, les têtes 6, 7, 8 étaient complètes avec deux paires de gros yeux, une paire d'antennes latérales articulées, et une paire de palpes; la tête 5 en différait par la moindre taille des yeux, et à gauche par la petitesse de l'antenne et l'absence de palpe; la tête 2 avait les yeux encore plus petits et pas d'antenne à droite; les autres anneaux céphalisés n'avaient que des demi-têtes droites, à savoir : complètes de ce côté sauf la petitesse du palpe à l'anneau 9, et sauf la petitesse des yeux et de l'antenne à l'anneau 3, sans antenne et à yeux petits à l'anneau 4, enfin réduites à un tubercule oculifère aux

anneaux 10 et 12, et même à un tubercule sans yeux aux anneaux 11 et 13. Sur ces entrefaites les longues soies natatoires apparaissaient sur toute la partie postérieure depuis le huitième anneau, ce qui vient confirmer que le septième anneau, le premier développé, correspondait à la tête normale; le stolon, devenu vermillon, frétillait, commençait à répandre des produits mâles; aussi, par crainte de destruction, et bien que l'évolution ne parût pas tout à fait terminée, l'animal fut fixé après cinq semaines d'élevage depuis le sectionnement du fragment.

Cette céphalisation, répétée sur des anneaux successifs, paraîtra plutôt favorable (comme plus simplement interprétée) à la théorie de la nature segmentaire de la tête chez les animaux annelés, et même à l'opinion plus particulière qui fait dériver ici la tête de la simple transformation sans bourgeonnement d'un anneau du corps; en fait, lorsqu'il n'y a encore que des yeux, comme au long des stolons acéphales, cette opinion pourrait paraître vraisemblable; mais, lorsque des appendices s'y sont ajoutés, que deviendrait dans cette manière de voir l'homologie, cependant adéquate à la théorie, des appendices céphaliques avec ceux des anneaux, dont le segment transformé est déjà lui-même pourvu?

Cet exemple particulier ne paraît guère confirmer l'hypothèse de la céphalisation donnée comme résultat d'une constriction que provoquerait, devant la partie postérieure du corps, sa réplétion en produits génitaux. De plus, dans les cas normaux, je puis, d'après diverses espèces, notamment *Syllis vittata*, confirmer le fait, déjà objecté, que la tête stoloniale apparaît ordinairement en arrière de la limite antérieure des produits génitaux, au point même que, si d'habitude tous ces produits s'accumulent finalement derrière cette tête dans le stolon, il arrive quelquefois qu'après la séparation il en reste dans la souche.

MÉDECINE. — *Sur une méthode spéciale d'électrodiagnostic.* Note de M. **Guyenot**, présentée par M. d'Arsonval.

La méthode spéciale d'électrodiagnostic que nous allons décrire permet:

1° D'évaluer, par une mesure pratiquement exacte et rigoureuse, les degrés de récupération fonctionnelle du système neuro-musculaire, pendant le traitement des paralysies et parésies motrices d'origine périphérique;

2° De dépister à coup sûr la simulation ou l'exagération des symptômes des mêmes affections.

A la suite de fracture, de luxation, de contusion violente intéressant les

membres, et en général après tout traumatisme, nécessitant une immobilisation d'une certaine durée, le système neuro-musculaire se trouve plus ou moins profondément atteint, soit primitivement, soit secondairement.

Dans les cas graves, avec réaction de dégénérescence complète, troubles trophiques, atrophie musculaire prononcée, les symptômes sont très nets; il n'y a donc pas lieu de mettre en doute l'existence réelle des lésions cause de l'impotence fonctionnelle.

Il n'en est malheureusement pas de même dans ces cas moins graves de parésie ou de paralysie motrices, avec atrophie musculaire peu marquée, et dont l'électrodiagnostic ne révèle qu'une diminution de l'excitabilité faradique. Il devient alors très difficile, pour ne pas dire impossible, de se rendre compte par les phénomènes objectifs des résultats du traitement suivi. L'impotence accusée par le malade reste donc le seul symptôme pour nous renseigner sur la fonction du système neuro-musculaire. C'est insuffisant pour étayer les conclusions d'un examen médico-légal.

En effet, pour être certain qu'un malade est amélioré au point de vue de la fonction neuro-musculaire, il serait nécessaire de pouvoir affirmer d'une façon catégorique que la contraction musculaire obtenue par le courant faradique se produit avec une excitation moindre qu'au début du traitement.

Or, avec les appareils construits sur les types actuels, il n'est pas possible, d'une part, de faire des appareils d'induction absolument semblables et, d'autre part, de répéter avec les mêmes appareils une expérience dans des conditions absolument identiques. Cela tient à différentes causes : au point de vue de la construction, le fer des appareils n'a pas toujours la même constante magnétique; au point de vue emploi, l'interrupteur fonctionnera rarement deux fois de suite de la même façon et la source de courant actionnant le primaire n'est pas constante.

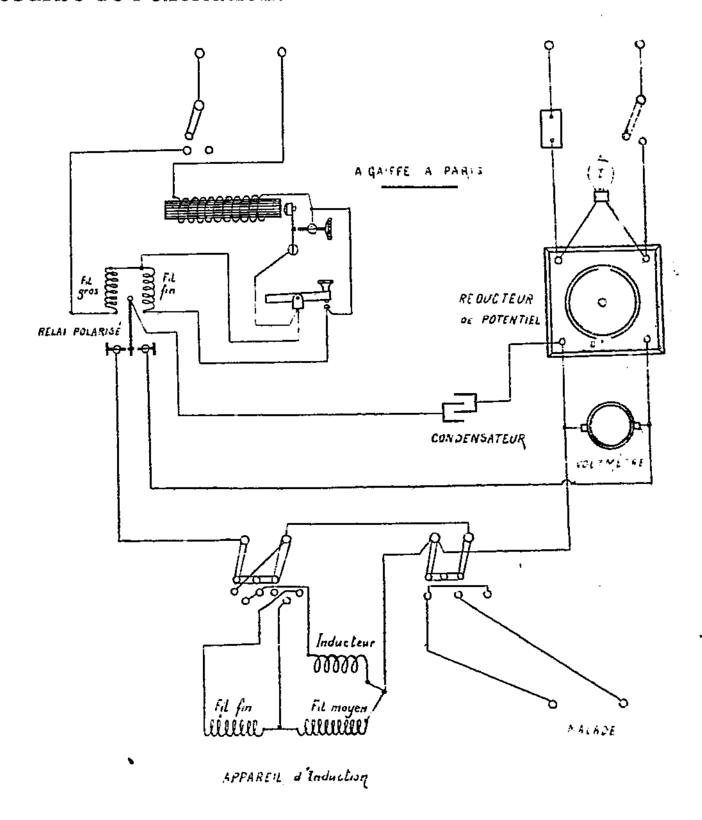
Pour remédier à ces inconvénients, M. le professeur d'Arsonval, en 1878, eut l'idée de substituer, à la disparition brusque du champ magnétique dû à l'aimantation du faisceau, la décharge instantanée d'un condensateur dans un inducteur sans fer, décharge toujours semblable à elle-même pour un même voltage de charge, évitant ainsi les variations des qualités magnétiques du fer, de la source et de l'interrupteur.

L'appareil que j'emploie est basé sur cette application intéressante des condensateurs. Grâce à son dispositif, nous pouvons considérer les excitations produites comme semblables, toutes les fois que le voltmètre donnera le même voltage à la source.

En effet un condensateur chargé sous un potentiel donné emmagasine toujours la même quantité d'électricité sous le potentiel de la source; la décharge de ce condensateur donnera donc toujours, dans les mêmes conditions, une variation de champ magnétique et par conséquent une induction

constante dans les circuits voisins, si ces circuits voisins eux-mêmes sont constants.

On peut considérer pratiquement que le circuit secondaire de l'appareil, qui est toujours dans la même position par rapport au circuit primaire, est toujours fermé sur une résistance sensiblement constante dans les limites de variations de surface des électrodes dont je me sers pour l'électro-diagnostic (2^{cm} à 4^{cm} de diamètre). On peut de plus considérer que la réaction de l'induit sur l'inducteur est négligeable et qu'on a toujours la même forme de courbe de l'excitation.



La technique est la suivante : à la suite d'une luxation de l'épaule par exemple, un blessé est atteint d'impotence fonctionnelle du bras, par paralysie motrice. Nous ne constatons ni réaction de dégénérescence, ni troubles trophiques, ni atrophie musculaire bien prononcée, et cependant le malade ne peut exécuter les mouvements d'élévation du bras. Avant d'instituer le traitement, nous interrogeons le point moteur des muscles élévateurs du bras avec des électrodes de 2^{cm} à 4^{cm} de diamètre, en augmentant graduellement le voltage de la source jusqu'à contraction : 30 volts par exemple ont été nécessaires. 15 jours après nous répétons l'expérience, et suivant que le voltage de la

source nécessaire pour obtenir la contraction aura augmenté ou diminué, nous serons certains qu'il y aura aggravation ou amélioration fonctionnelle du système neuro-musculaire.

Si le sujet examiné prétendant que son état n'a pas changé et que son impotence est restée la même, nous obtenons la contraction avec 20 volts je suppose alors qu'il en fallait 30, 15 jours auparavant : le cas est jugé, nous pouvons être absolument certains que le malade nous trompe, ou exagère tout au moins considérablement son incapacité.

Pendant l'année 1908, dans deux cas soumis à mon examen comme expert des tribunaux, j'ai conclu à la simulation de paralysie motrice des muscles élévateurs du bras et les deux sujets ont repris leur travail habituel dans le courant de la semaine qui a suivi l'expertise.

ANTHROPOLOGIE PRÉHISTORIQUE. — *Moulages de gravures sur rochers (cupules et pieds), découvertes à l'Ile-d'Yeu (Vendée).* Note de M. **Marcel Baudouin.**

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences une dizaine de moulages en plâtre, reproduisant quelques-unes des *gravures sur rochers* que j'ai découvertes, en 1907 et 1908, à l'Ile-d'Yeu (Vendée) (1).

Les spécimens en question n'ont trait qu'à différentes variétés de ce qu'on appelle les *cupules* et les *cavités pédiformes*, signalées depuis longtemps. Mais j'ai eu aussi l'occasion de mouler (d'ailleurs dans des conditions très difficiles en raison du lieu des trouvailles) des gravures d'autres sortes que j'ai aussi découvertes à l'Ile-d'Yeu, en particulier des *rigoles* d'aspect varié ; quant aux *bassins*, ils sont, comme on le sait, presque impossibles à mouler au plâtre ; on peut à peine les estomper.

C'est, je crois, la seule façon d'étudier *scientifiquement* ces gravures (2) (dont la signification est encore inconnue), parce qu'elle permet de les avoir *constamment sous les yeux, dans tous leurs détails*, et de se rendre compte ainsi, dans le laboratoire et à tête reposée, de leur mode de fabrication.

(1) Marcel Baudouin, *Découverte de rochers gravés et de pierres à cupules à l'Ile-d'Yeu (Vendée).* (*L'Homme préhistorique.* Paris, 1908, t. VI, n° 12. Tiré à part, Paris, 1908, Schleicher, in-8°, 10 p.)

(2) Marcel Baudouin, *Méthode scientifique d'étude pour les pierres à cupules (IVe Congrès préhistorique de France*, août 1908).

Cinq moulages se rapportent à des *cupules* proprement dites. Ils montrent que les cupules peuvent être *isolées*, ce qui s'observe dans la majorité des cas; ou *réunies* entre elles, soit *au contact*, soit *à distance*. Réunies au contact, elles forment par leur accolement des *cavités pédiformes;* unies entre elles par des rigoles demi-cylindriques, appelées *canaux de conjugaison*, elles constituent les *cupules conjuguées* (types : *Roche-aux-Fras; Roche-Gelas*).

Les *cupules isolées* se présentent sous des formes diverses : les unes sont *coniques*, à base assez large et à sommet très pointu (type : *Roche-aux-Fras*). Elles peuvent être pourvues d'un *bec* ou d'une rigole très courte, qui n'est que l'amorce d'un canal de conjugaison ébauché.

Les autres sont *semi-ovoïdes*, c'est-à-dire à base ovalaire et à sommet en dôme oblong (type : *Roche-aux-Fras, Dolmen de Gatine*, etc.).

D'autres sont *hémisphériques*, c'est-à-dire à base circulaire et à sommet en demi-sphère. Ce sont de beaucoup les plus fréquentes, car à cette variété correspondent toutes les ébauches de cupules, obtenues avec l'aide de la seule percussion avec un percuteur en pierre.

D'autres sont *cylindriques*, c'est-à-dire que leur fond est aplati, et non sphérique, et aussi large que leur ouverture (type : *Rocher de la Devalée*).

J'ai imaginé, pour étudier les procédés de fabrication, de faire des *coupes* horizontales (superposées) et *verticales* (parallèles) de ces moulages de cupules.

On peut voir aussi, en particulier, sur la *coupe verticale* d'une *cupule conique* quelle est la forme exacte de la surface du cône de creusement, laquelle n'est pas plane, mais ondulée, en forme d'S. La génératrice n'est donc pas une ligne droite.

Cela donne des indications précises sur le mode de fabrication de ces cupules, qui sont les plus profondes et les plus poreuses ! D'abord on a employé le percuteur [1] de pierre (*martelage*), qui a donné la *cupule hémisphérique;* puis on a eu recours au taraud ou alésoir en silex triangulaire, avec lequel on a taraudé le fond, déjà obtenu (*taraudage*).

Les *cupules cylindriques* ont été produites de la même façon au début; mais le taraud choisi, au lieu d'être très pointu, a été dans ce cas presque cylindrique et a agi également dans tous les sens.

Sur certains moulages, j'ai fixé un morceau de la roche dans laquelle ces gravures ont été exécutées (*échantillons*).

Les *cavités en semi-fuseau* que je présente sont de deux ordres. Il y a : 1° des *cavités semi-fusiformes* typiques; 2° des *cavités pédiformes*, dites *Pieds humains*.

Les cavités *semi-fusiformes* peuvent avoir subi une sorte de *polissage* à leur intérieur, rendu possible en raison de leurs dimensions (cavité fusiforme de la *Roche-aux-Fras*).

---

(1) Sur le sol, à l'Ile-d'Yeu, on trouve encore nombre de percuteurs à cupules.

Les *cavités pédiformes* sont d'aspects divers. Mais les *pieds humains* de l'Ile-d'Yeu ne sont pas aussi caractérisés que ceux de la Savoie; ils semblent plus frustes et dus à une population peu habile à la gravure délicate (¹). Pourtant l'un d'eux, assez profondément gravé sur la table du Dolmen de Gatine, est très reconnaissable. Il faut en rapprocher la cavité très longue du Rocher de la Devalée, celle très courte de Gatine et même celle plus large et étalée de la Roche-aux-Fras, formée manifestement par la réunion de deux ébauches de cupule, placées au contact.

Des *Pieds humains* il faut aussi rapprocher le *Pied d'Équidé* trouvé au milieu de cupules typiques, sur un rocher à fleur de terre (*Le Grand Chéran*). Celui de l'Ile-d'Yeu est l'un des plus beaux et des plus nets connus.

Ces gravures sont toutes creusées dans les roches qui constituent le sol de l'Ile-d'Yeu et qui sont indiquées sur la Carte géologique de France comme du *granite schisteux* (Pr Wallerant).

Elles sont indiscutablement dues à un travail humain (*martelage, taraudage,* voire même *polissage*). Si quelques-unes présentent parfois à leur intérieur des *aspérités,* non en rapport avec le taraudage, cela tient simplement à ce qu'elles ont subi, depuis leur fabrication, l'influence des actions atmosphériques. Celles-ci ont désagrégé la pâte granitique formant gangue et ont amené la saillie des grains de quartz. Ce qui le prouve, c'est l'existence d'une *partie polie* sur ces grains, laquelle correspond seulement à leur face interne, au moins dans quelques cas.

Par l'étude des cupules trouvées au cours de fouilles mégalithiques sur la *partie enfouie* des piliers de dolmens (allée des Landes, à l'Ile-d'Yeu), j'ai pu démontrer que ces gravures sont susceptibles de remonter à la période de la pierre polie (début du Quaternaire moderne ou Néolithique).

SISMOLOGIE. — *Mouvements sismiques du 9 février 1909.*
Note de M. **Alfred Angot.**

Depuis le tremblement de terre du 23 janvier, le sismographe du Parc Saint-Maur a enregistré un certain nombre de secousses, pour la plupart à peine appréciables. La seule qui mérite d'être signalée est celle du 9 février.

(¹) A l'Ile-d'Yeu, les *pieds* ne paraissent pas groupés par *paires,* comme en Savoie. Mais on observe souvent en France et ailleurs des pieds *isolés.*

Au pendule NS, muni d'un amortissement (composante EW des mouvements du sol), les oscillations, très faibles à l'origine, ont commencé à $11^h34^m,0$ (temps moyen de Greenwich); elles sont devenues assez grandes à $11^h41^m,2$ et ont présenté, à $11^h42^m,0$, un maximum dont l'amplitude a atteint $1^{mm},3$ (1^{mm} sur la courbe correspond à une inclinaison du sol de $0'',48$).

Au pendule EW, les oscillations ont débuté à $11^h33^m,8$, sont devenues assez fortes à $11^h39^m,8$ et ont présenté deux maxima à $11^h42^m,0$ et $11^h47^m,0$. Les dernières traces d'agitation, pour les deux composantes, ont disparu à 12^h15^m.

Les périodes d'oscillations des deux pendules, le jour de l'observation, étaient respectivement de $18^s,0$ pour le pendule NS et de $14^s,5$ pour le pendule EW.

Le même jour, de nouvelles oscillations, mais beaucoup plus faibles, ont été enregistrées de 14^h49^m et 15^h20^m.

M. Coculesco, directeur du Service météorologique de la Roumanie, a bien voulu m'adresser la copie du sismogramme de Bucarest pour le 23 janvier dernier. Les courbes de Bucarest et de Saint-Maur, bien qu'obtenues avec des instruments très différents, présentent une grande analogie; elles sont remarquables toutes deux par la petite amplitude des premières oscillations préliminaires. A Bucarest les heures de début sont $2^h53^m,6$ pour les premières oscillations, $2^h57^m,4$ pour les oscillations notables et $3^h1^m,6$ pour les grandes oscillations, ce qui fait respectivement une avance de $2^m,9$, $4^m,0$ et $4^m,6$ sur Paris. La variation progressive de ces différences est tout à fait dans le sens habituel.

OCÉANOGRAPHIE. — *Dissolution des poussières ferrugineuses d'origine cosmique dans les eaux de l'Océan.* Note de M. **Thoulet.**

Dans une Note antérieure (¹) j'ai signalé l'extrême ressemblance existant entre les grains minéraux fins des fonds sous-marins, aussi bien abyssaux que côtiers, et les poussières éoliennes récoltées dans les clochers d'églises. J'ai reconnu l'uniformité d'aspect et de composition de ces poussières dans des localités très différentes : Nancy, Gérardmer, Montpellier et Cette; leur richesse en quartz, en matière organique, en globules ferru-

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 14 décembre 1908, p. 1363.

gineux ou chondres d'origine surtout cosmique et en argile; enfin j'ai vérifié expérimentalement qu'un vent de vitesse ne dépassant pas $2^m,50$ par seconde, c'est-à-dire désigné en Météorologie par l'épithète de *calme* ou *presque calme*, était plus que suffisant pour transporter ces poussières sur l'étendue entière des océans.

Dans un flacon de verre en libre communication avec l'air, j'ai mis de la poussière éolienne recueillie au sommet de l'une des tours de la cathédrale de Nancy en contact avec de l'eau de mer. Le mélange a été agité de temps en temps. Après un mois, j'ai constaté que l'eau avait dissous une notable proportion de matière organique et de fer.

Cette expérience prouve que l'eau des océans emprunte aux matériaux cosmiques distribués en abondance dans l'atmosphère une partie au moins du fer qu'elle contient et qui, sous des influences diverses, particulièrement celle de la matière organique, se précipite ensuite sur le fond en forme de croûtes ferrugineuses ou de grains oolithiques riches en phosphore, semblables à ceux que j'ai trouvés dans des fonds marins de la Manche et qui présentent eux-mêmes une complète analogie d'aspect et de composition avec les minerais de fer oolithiques jurassiques de Lorraine.

Il résulte de ces faits que, dans la pincée de vase récoltée quelque part que ce soit sur le lit de l'Océan, l'océanographe peut reconnaître les effets simultanés de toutes les forces naturelles dont chacune a, en quelque sorte, joint ses efforts à ceux de toutes les autres pour faire le fond tel qu'il est : le règne végétal (algues, diatomées, etc.), le règne animal (coquilles, foraminifères, radiolaires, éponges, etc.), l'érosion (produits minéraux enlevés aux continents et portés à la mer par les eaux douces), l'abrasion (produits minéraux provenant de l'action des eaux marines sur les rivages), les volcans sus-marins et sous-marins, les actions chimiques et physiques, l'exaration ou action du froid, enfin la déflation qui est l'ensemble des phénomènes d'apport par le vent à l'Océan des matériaux enlevés à la surface entière des continents sous forme de grains minéraux et surtout d'argile ou encore d'origine cosmique. Cette action de la déflation joue dans la constitution des fonds un rôle infiniment plus considérable que celui qu'on lui avait jusqu'à présent attribué. L'argile, dont les grains infiniment fins et légers sont transportés en abondance par les vents, même les plus faibles, sur tout le globe, n'est arrêtée dans son mouvement incessant qu'au moment où, aussitôt après qu'elle a touché la surface de l'eau, elle se dissout en partie et, en partie, obéissant aux courants et aux lois de la pesanteur, elle descend lentement et va s'accumuler sur le sol immergé et y occupe certains espaces, sans doute plus particulièrement déterminés. Dans l'immense majorité des cas, un fond possède donc une origine complexe : il n'est ni uniquement terrigène, ni d'origine uniquement végétale, animale, chimique, volcanique, éolienne ou cosmique, mais il est d'origine tout à la fois terrigène, végétale, animale, chimique, volcanique, cosmique et éolienne. Ces divers modes d'origine se laissent distinguer par des caractères particuliers à chacun d'eux, tels que la nature et

l'aspect des minéraux et la proportion relative des grains de diverses grosseurs. Selon les conditions de son gisement, il y aura, dans un fond, prédominance de tel ou tel mode de genèse et, cette considération convenablement élucidée, d'abord par l'observation soigneuse de fonds actuels récoltés dans des conditions de gisement connues et bien déterminées, puis par l'analyse et par la synthèse, est de nature à jeter, par induction, une vive lumière sur les circonstances de genèse des fonds marins anciens qui constituent aujourd'hui les couches rocheuses exondées et les dépôts sédimentaires géologiques. A ce point de vue, l'établissement des Cartes lithologiques sous-marines prend une importance singulière aussi bien théorique que pratique.

M. **Antoine-B. Mathéossian** adresse une Note relative à un ballon à voile.

M. **P. Filippi** adresse une Note intitulée : *Pourquoi l'oiseau vole. Pourquoi l'aéroplane s'enlève. Pourquoi l'aile rotative planante a une grande puissance sustentatrice avec peu de surface.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 15 février 1909.

Service géologique des territoires du sud de l'Algérie. Compte rendu de la campagne 1907-1908, par M. G.-B.-M. Flamand. Alger, imp. Victor Heintz, 1908; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lacroix.)

Atti dell' Istituto botanico dell' Universita di Pavia, redatti da Giovanni Briosi; 2e série, t. I-VIII et X, XI. Milan, 1888-1908; 10 vol. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem. Hommage de M. G. Briosi.)

Collection de Monographies ethnographiques, publiée par Cyr. van Overbergh. I : *Les Bangala.* II : *Les Mayombe.* III : *Les Basonge.* Bruxelles, 1907-1908; 3 vol. in-8°. (Présenté par le Prince Roland Bonaparte.)

La planète Mars et ses conditions d'habitabilité, encyclopédie générale des obser-

vations martiennes, par CAMILLE FLAMMARION; t. II, illustré de 426 dessins télescopiques et 16 cartes : *Observations faites de* 1890 *à* 1901. Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Deslandres.)

Hydraulique générale, par A. BOULANGER. Tome I : *Principes et problèmes fondamentaux,* avec 11 figures dans le texte. Tome II : *Problèmes à singularités et applications,* avec 16 figures dans le texte. Paris, Octave Doin et fils, 1909; 2 vol. in-12. (Hommage de l'auteur.)

Statistique générale de la France. Statistique annuelle des Institutions d'assistance, année 1906, publiée par le Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale, Direction du Travail. Paris, Imprimerie nationale, 1908; 1 vol. in-4°.

Assemblée générale des Actionnaires de la Banque de France du 28 *janvier* 1909, *sous la présidence de* M. GEORGES PALLAIN, *Gouverneur. Compte rendu au nom du Conseil général de la Banque et Rapport de MM. les Censeurs.* Paris, 1909; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(T. CXLVII, séance du 14 décembre 1908.)

Note de M. *G.-D. Hinrichs,* Sur le poids atomique véritable de l'argent :

Page 1303, ligne 11, *au lieu de* sur le peu de pureté de l'azotate fondu, *lisez* sur la pureté du peu d'azotate fondu.

(Séance du 11 janvier 1909.)

Note de M. *Pantel,* Sur les organes rudimentaires des larves des Muscides :

Page 107, ligne 10, *au lieu de* l'impression d'un organe, *lisez* l'impression d'un organe à part.

Page 107, ligne 7 en remontant, *au lieu de* empêcher le mouvement, *lisez* empêcher le renversement.

Page 108, ligne 4, *au lieu de* l'activité séparatrice, *lisez* l'activité dépuratrice.

Page 108, ligne 8, *au lieu de* qu'il en existe quatre, *lisez* qu'il existe quatre petites ailes.

Page 109, ligne 8, *au lieu de* ou même au segment XII, *lisez* ou même au segment XII seul.

Page 109, ligne 16, *au lieu de* ligne hyaline, le reste du canal aérifère, *lisez* ligne hyaline représentant le reste du canal aérifère.

Page 109, ligne 2 en remontant, *au lieu de* l'éboulement de deux trachées symétriques, *lisez* l'aboutement de deux trachées latérales symétriques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 FÉVRIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret approuvant l'élection que l'Académie a faite de M. **Jungfleisch** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *A. Ditte*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jungfleisch** prend place parmi ses Confrères.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les ondes hertziennes et l'équation de Fredholm.* Note de M. **H. Poincaré**.

Il peut y avoir intérêt à ramener les problèmes relatifs aux ondes hertziennes à l'intégration d'une équation de Fredholm. Voici comment on peut opérer. Adoptons les notations de Maxwell, mais en prenant la vitesse de la lumière pour unité.

J'écris les équations connues, en me bornant à la première équation de chaque groupe,

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\alpha = \frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz}, \qquad 4\pi f = -\frac{dF}{dt} - \frac{d\psi}{dx}, \\ &4\pi\left(u + \frac{df}{dt}\right) = \frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz}, \qquad \frac{df}{dx} + \frac{dg}{dy} + \frac{dh}{dz} = \rho, \\ &\sum \frac{dF}{dx} + \frac{d\psi}{dt} = 0, \qquad 4\pi u = \frac{d^2F}{dt^2} - \Delta F, \qquad 4\pi\rho = \frac{d^2\psi}{dt^2} - \Delta\psi. \end{aligned}\right.$$

Les deux dernières équations nous apprennent que le potentiel électrostatique ψ de même que les composantes F, G, H du potentiel vecteur ne sont autre chose que les potentiels retardés dus respectivement à la densité électrique ρ dans les conducteurs et aux composantes u, v, w du courant de conduction.

Nous supposerons que toutes nos fonctions sont une somme de termes contenant en facteurs des exponentielles $e^{\omega t}$; ces exponentielles sont généralement imaginaires, mais elles seront imaginaires conjuguées deux à deux. On pourra considérer séparément tous les termes qui dépendent d'une même exponentielle $e^{\omega t}$; on aura ainsi diverses solutions simples dont les combinaisons linéaires nous donneraient la solution générale; en combinant l'un de ces éléments simples avec son imaginaire conjugué, on aurait une oscillation pendulaire amortie, l'amortissement dépendant de la partie réelle et la période de la partie imaginaire de ω.

On aura alors, par exemple, $\frac{dF}{dt} = \omega F$, et l'on pourra écrire

$$(2) \quad \psi = \int \frac{\rho' e^{-\omega r}}{r} d\tau', \quad F = \int \frac{u' e^{-\omega r}}{r} d\tau', \quad G = \int \frac{v' e^{-\omega r}}{r} d\tau', \quad H = \int \frac{w' e^{-\omega r}}{r} d\tau'.$$

L'intégration est étendue à tous les éléments $d\tau'$ du volume du conducteur; les lettres ρ', u', v', w' représentent la valeur des fonctions ρ, u, v, w au centre de gravité de l'élément $d\tau'$, et r la distance de ce centre de gravité au point x, y, z. Mais l'électricité et les courants de conduction sont localisés à la surface des conducteurs. Nous devons donc remplacer les intégrales de volume par des intégrales de surface et écrire

$$(2\ bis) \quad \psi = \int \frac{\rho'' e^{-\omega r}}{r} d\sigma', \quad F = \int \frac{u'' e^{-\omega r}}{r} d\sigma', \quad G = \int \frac{v'' e^{-\omega r}}{r} d\sigma', \quad H = \int \frac{w'' e^{-\omega r}}{r} d\sigma',$$

$d\sigma'$ représentant un élément de la surface d'un conducteur; tandis que ρ'', u'', v'', w'' sont les densités superficielles correspondant aux densités de volume ρ', u', v', w'.

Imaginons un conducteur unique soumis à l'action d'un champ extérieur considéré comme donné. Soient M un point quelconque de la surface du conducteur, M_i un point infiniment voisin de M, à l'intérieur du conducteur; en ce point la force électrique doit être nulle. Écrivons cela en particulier pour la composante normale; on obtiendra ainsi l'équation

$$(3) \qquad \frac{d\psi}{dn} + (lF + mG + nH)\omega = N,$$

où l, m, n sont les cosinus directeurs de la normale au point M dirigée vers l'extérieur; où $\frac{d\psi}{dn}$ est la dérivée de ψ estimée suivant cette normale, considérée du côté interne; où enfin N représente la composante normale de la force électrique due au champ extérieur. Désignons par μ la densité superficielle de l'électricité au point M, et par $\mu' = \rho''$ cette même densité au centre de gravité P de $d\sigma'$. Nous trouverons, pour $\frac{d\psi}{dn}$,

$$\frac{d\psi}{dn} = 2\pi\mu + \int \mu' \, d\sigma' \frac{d}{dn} \frac{e^{-\omega r}}{r}.$$

D'ailleurs, on a

$$\frac{d}{dn} \frac{e^{-\omega r}}{r} = -\cos\psi \frac{e^{-\omega r}}{r} \left(\omega + \frac{1}{r}\right),$$

r désignant la distance MP et ψ l'angle de MP avec la normale en M.

D'autre part

$$l\text{F} + m\text{G} + n\text{H} = \sum l\text{F} = \int \frac{e^{-\omega r}}{r} \sum l u'' \, d\sigma',$$

de sorte que l'équation (3) devient

$$2\pi\mu + \int \mu' \, d\sigma' \frac{d}{dn} \frac{e^{-\omega r}}{r} + \omega \int \frac{e^{-\omega r}}{r} \sum l u'' \, d\sigma' = \text{N}. \tag{4}$$

Il reste à transformer la deuxième intégrale. Pour cela, nous nous servirons de l'équation de continuité

$$\frac{d\rho}{dt} = \omega\rho = -\sum \frac{du}{dx}.$$

Nous observerons que les composantes tangentielles de la force électrique et la composante normale de la force magnétique doivent rester continues lorsqu'on franchit la surface du conducteur. De plus, à l'intérieur du conducteur, le champ électrique comme le champ magnétique doivent être nuls; cela est vrai du moins si le conducteur est simplement connexe, ce que nous supposerons. A la surface du conducteur, les lignes de force magnétiques sont donc tangentes à cette surface; d'où cette conséquence que, si x', y', z' sont les coordonnées du point P, assujetti à rester sur cette surface,

$$u'' \, dx' + v'' \, dy' + w'' \, dz' = d\text{V}$$

est une différentielle exacte.

Dans l'expression de $\sum l\text{F}$, la quantité sous le signe $\int$ peut être regardée

comme le produit de deux vecteurs par le cosinus de l'angle compris; le premier de ces vecteurs a pour composantes u'', v'', w''; le second est égal à $\frac{e^{-\omega r}}{r}$ et est parallèle à la normale en M. Soient W_1 et W_2 ces deux vecteurs.

Considérons sur la surface une courbe fermée quelconque C et l'aire A limitée par cette courbe; soient ds' un élément d'arc de C, et $d\nu$ une longueur infiniment petite prise sur une courbe orthogonale à C et tracée sur la surface, de telle sorte que $\frac{dV}{d\nu}$ représente la dérivée de V estimée suivant la normale à la courbe C. Les composantes des vecteurs W_1 et W_2 sur cette normale seront

$$\frac{dV}{d\nu}, \quad \frac{e^{-\omega r}}{r}\frac{d\Sigma l x'}{d\nu}.$$

Nous poserons

$$\int_C \frac{e^{-\omega r}}{r}\frac{d\Sigma l x'}{d\nu}\, ds' = \int_A B\, d\sigma'. \tag{5}$$

L'aire A et la courbe C qui la limitent étant quelconques, cette équation définira la fonction B qui ne sera autre chose que la *convergence* du vecteur W_2 ou plutôt de la composante de ce vecteur qui est tangente à la surface du conducteur. L'équation de continuité nous donnera d'ailleurs

$$\int_C \frac{dV}{d\nu}\, ds' = -\omega \int_A \mu'\, d\sigma'. \tag{6}$$

Nous définirons maintenant la fonction L par l'équation

$$\int_C \frac{dL}{d\nu}\, ds' = \int_A B\, d\sigma'. \tag{7}$$

En vertu de l'équation (6), l'intégrale $\int B\, d\sigma'$ étendue à la surface tout entière est nulle; l'équation (7) définira donc une fonction L qu'il sera aisé de former si la surface du conducteur est simplement connexe et si l'on sait en faire la représentation conforme sur une sphère. La fonction L dépend à la fois des coordonnées du point M et de celles du point P; elle sera déterminée par l'équation (7) à une fonction arbitraire près des coordonnées de M. On aura, en vertu de (5), en étendant les intégrales à toute la surface,

$$\int \frac{e^{-\omega r}}{r} \sum l u''\, d\sigma' = -\int BV\, d\sigma'.$$

et ensuite, en vertu de (6) et (7),

$$\int BV\, d\sigma' = -\omega \int L\mu'\, d\sigma',$$

de sorte que l'équation (4) deviendra

$$(8) \qquad 2\pi\mu = \int \mu'\, d\sigma' \left[\cos\psi \frac{e^{-\omega r}}{r}\left(\omega + \frac{1}{r}\right) - \omega^2 L\right] + N;$$

N devant être regardée comme une fonction connue, cette équation a la forme d'une équation de Fredholm.

Le calcul de L se simplifie considérablement dans le cas de la sphère, d'un cylindre ou d'une surface de révolution, c'est-à-dire dans tous les cas pratiques. On peut étendre la solution à une surface multiplement connexe, mais il est nécessaire alors d'introduire une donnée de plus, à savoir le nombre des lignes de force magnétique du champ extérieur qui traversent le *trou* de la surface multiplement connexe.

L'équation (8), traitée par la méthode de Fredholm, permet de traiter le problème de la réception des ondes hertziennes en regardant ω et N comme donnés, et celui de leur émission en regardant N comme nul et ω comme inconnu. On sait que Fredholm introduit un paramètre arbitraire λ, qu'il place en facteur devant l'intégrale du second membre, et qu'il présente sa solution comme le quotient de deux fonctions entières en λ. Ici le numérateur et le dénominateur seront des fonctions entières non seulement par rapport à λ, mais par rapport à ω.

L'équation (8) nous donne théoriquement la solution du problème de la diffraction, mais alors la grandeur du paramètre ω introduit des difficultés pratiques qui méritent un examen spécial et sur lesquelles je me réserve de revenir.

BIOLOGIE. — *Le sexe chez les Oursins issus de parthénogenèse expérimentale.* Note de M. **Yves Delage.**

Les deux Oursins parthénogénétiques en élevage à la Station biologique de Roscoff, dont j'ai entretenu l'Académie dans mes Notes des 26 août et 9 décembre 1907 et 17 février 1908, viennent de mourir. Je crois devoir résumer ici leur histoire.

Ils proviennent l'un et l'autre d'expériences à l'acide chlorhydrique et à

l'ammoniaque [1]. Les œufs qui leur ont donné naissance avaient été mis en expérience le 16 juin 1907. Les Pluteus issus de ces œufs s'étaient transformés, l'un le 15 août, donc après 60 jours, l'autre le 18 août, donc après 63 jours. Ils ont régulièrement grandi jusqu'au moment de leur mort, c'est-à-dire pendant environ 16 mois après la métamorphose.

Ils ont été élevés dans une large cuvette de verre où l'eau, prise à 3 milles environ au large du Laboratoire, était renouvelée tous les jours. Ils étaient nourris d'ulves et d'algues calcaires encroûtant la surface de petits cailloux, fréquemment renouvelés.

Au commencement du mois de novembre dernier, pour simplifier les soins réclamés par leur élevage, je les ai transportés dans un des bacs du Laboratoire, alimenté, comme les autres, par l'eau des cuves de l'établissement. Pour les acclimater à cette nouvelle condition, j'ai substitué l'eau des cuves à l'eau du large progressivement, avec une grande lenteur.

Ils ont d'abord admirablement supporté ce nouveau régime et continué à brouter les ulves et les algues calcaires. Mais un jour, brusquement, le gardien du Laboratoire, qui les soigne en mon absence, les a trouvés détachés des parois, renversés et presque mourants. Il les a immédiatement replacés dans les conditions du régime primitif; là, ils ont repris pendant quelques jours un peu de vie, mais ont fini par succomber : l'un, le plus gros, le 5 janvier 1909; l'autre, le plus petit, le 11 février.

Je ne sais à quoi attribuer cette mort, évidemment accidentelle. Elle paraît résulter d'un empoisonnement; mais à quoi est-il dû? Je ne puis incriminer l'eau des cuves, où d'autres Oursins ont vécu pendant des années et dont ceux-ci s'étaient parfaitement accommodés pendant plus de 2 mois. Faut-il chercher la cause de l'accident dans un lit épais de Mélobésies dont j'avais garni le fond de leur bac? Je ne sais. Mais ce qui est certain, c'est que cette mort n'est pas celle d'avortons maladifs ayant épuisé leur vitalité malgré les bonnes conditions qui leur étaient fournies. Leur développement a été normal, je dirai même rapide, pendant les 18 mois qu'ils ont vécu, et ils sont morts, pleins de vie, par une cause accidentelle indéterminée.

---

(1) Je n'avais pas encore, à cette époque, découvert le procédé au tanin ni la parthénogenèse en solution isotonique. La solution hypertonique en question contenait : NaCl à $2,5n$, 37,5; eau de mer, 2,5; H^2O, 60. Le traitement avait été le suivant : solution hypertonique 50^{cm^3} + HCl à $0,1n$, 15 gouttes, 30 minutes; lavage; puis solution hypertonique 50^{cm^3} + AzH^3 à $0,1n$, 3 gouttes, 45 minutes.

Ils sont les frères de l'individu tératologique à six antimères que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie dans la séance du 23 septembre 1907.

Voici leurs caractéristiques : diamètre sans les piquants, l'un 15^{mm}, l'autre 22^{mm}; longueur des plus grands piquants, 8^{mm} chez l'un et l'autre; donc diamètre total, 31^{mm} pour le premier, 38^{mm} pour le second. Ils appartiennent l'un et l'autre à l'espèce *Paracentrotus (Strongylocentrotus) lividus,* variété verdâtre, à piquants rose violacé au bout.

Le premier, dont la mort nous a pris à l'improviste, a été imparfaitement fixé par le gardien du Laboratoire, et je n'ai pu avoir sur son sexe que des indications insuffisantes; les glandes génitales, très peu avancées, sembleraient plutôt appartenir au sexe mâle. Pour le second, le gardien du Laboratoire, muni d'instructions précises, a pu faire une fixation à peu près convenable, très peu de temps après la mort. Les glandes génitales mises en coupes par mon collaborateur, M. de Beauchamp, se sont montrées notablement plus développées et ont permis de reconnaître de nombreux spermatozoïdes complètement évolués.

Deux conclusions sont à tirer des faits qui précèdent : 1° chez les Oursins, es produits de la parthénogenèse expérimentale peuvent être élevés jusqu'à l'état adulte, caractérisé par la présence des produits sexuels; 2° la parthénogenèse expérimentale, chez ces mêmes animaux, peut donner des mâles. Rien n'indique encore qu'elle puisse donner des femelles. Cette constatation est intéressante, car dans les produits de la parthénogenèse naturelle, chez les animaux où elle existe, les mâles sont beaucoup moins fréquents que les femelles.

PHYSIQUE. — *Sur les décharges électriques dans les champs magnétiques intenses.* Note de M. Gouy.

Depuis la découverte de Plücker (1) et celles qui ont suivi (Broca, Villard), les effets du champ magnétique sur les courants dans les gaz raréfiés présentent un caractère énigmatique. J'ai abordé à mon tour cette étude et je vais rendre compte de quelques observations faites avec une

(1) Il s'agit de l'illumination des lignes de force magnétiques passant par la cathode, lorsqu'il y a courant électrique dans un gaz raréfié (1858). C'est ce que j'appellerai, après M. Villard, *rayons magnéto-cathodiques.*

machine électrostatique donnant 0,0006 ampère [1]. Les champs ont varié de 2000 à 4000 gauss, et les tubes contenaient de l'air.

1. Le champ magnétique n'était pas absolument uniforme, mais, sur l'axe, variait seulement de $\frac{1}{6}$. Au centre du champ, la variation était insensible. Or les phénomènes se sont montrés indépendants de ces petites variations, et il ne paraît pas douteux que les rayons magnéto-cathodiques se produiraient même dans un champ parfaitement uniforme. Ce point mérite d'être signalé, car telle des explications proposées pour ces phénomènes ne peut convenir à un champ uniforme.

2. Ce qui va suivre s'applique au cas où le régime régulier est établi. J'entends par là que les seuls rayons magnéto-cathodiques visibles partent des cathodes métalliques. Il arrive souvent qu'il y a, en outre, d'autres rayons de ce genre, issus des parois électrisées du tube, qui jouent le rôle de cathodes auxiliaires. En particulier, quand le vide est poussé très loin, j'ai souvent observé la production active et irrégulière de tels rayons, qui sont très agités, accompagnés parfois d'un bruissement sensible, et forment une sorte de bourrasque magnéto-électrique qui remplit une grande partie du tube. Les observations relatées ci-après exigent au contraire que les rayons soient bien localisés.

3. Si le tube possède deux cathodes reliées métalliquement, chacune d'elles produit en général son faisceau magnéto-cathodique sans être influencée par l'autre [2]. Mais si, en tournant le tube ou par tout autre moyen, on amène ces deux faisceaux à coïncider, on voit s'illuminer vivement la partie qui est entre les deux cathodes, et s'affaiblir les parties qui vont des cathodes aux parois du tube, ainsi que les taches phosphorescentes sur ces parois. La partie intercathodique est beaucoup plus brillante que ne l'étaient les deux faisceaux vus ensemble, quand ils étaient séparés. Ainsi les rayons issus des deux cathodes se renforcent mutuellement dans l'espace intercathodique, où ils ont des directions opposées par rapport au champ magnétique. On dirait que les deux cathodes rayonnent ainsi de préférence l'une vers l'autre leur énergie magnéto-cathodique et n'en ont plus guère à leur disposition pour rayonner jusqu'aux parois du tube.

---

(1) La bobine d'induction permet de constater les phénomènes décrits au n° 3; mais, pour les numéros suivants, cela est difficile.

(2) Sauf pourtant une exception importante. Le rayon émis par une cathode, en passant près de l'autre, s'obscurcit comme le rayon même émis par cette dernière, en présentant les mêmes nuances. Il y a donc, autour de chaque cathode, un espace doué de la propriété d'éteindre ainsi momentanément les rayons qui le traversent.

En même temps l'espace obscur près de la cathode (qui était déjà bien plus restreint et plus nettement limité qu'en l'absence du champ) se réduit beaucoup du côté intercathodique, la vive lumière venant presque toucher la cathode.

Toutefois, aux vides extrêmes, cette réduction peut se produire ou non; les deux états sont possibles pour un même tube et un même degré de vide.

Tous ces phénomènes ne sont pas sensibles tant que les rayons magnéto-cathodiques n'ont qu'un parcours restreint. La pression diminuant, ces effets se produisent et restent très marqués pendant longtemps, quoiqu'ils diminuent un peu aux vides extrêmes. Je les ai étudiés avec des cathodes formées de fils parallèles, dont la distance a varié de 30^{mm} à 5^{mm}; à cette dernière distance les effets sont très affaiblis. J'ai aussi employé une cathode unique en forme de U, dont les deux branches jouent le rôle des deux cathodes.

4. L'anode, quand elle est bien dégagée de tous rayons magnéto-cathodiques et placée dans un espace suffisant, se montre entourée d'une belle couronne lumineuse, dont le milieu est obscur et dont les dimensions croissent avec le degré de vide; cette couronne est circulaire quand l'anode est petite en tous sens, et son plan est normal au champ. Si l'anode est un peu allongée, la couronne est ovale, et son plan est normal au champ quand l'anode elle-même est perpendiculaire aux lignes de force. Si l'anode est parallèle au champ, la couronne se change en une sorte de fourreau enveloppant l'anode sur toute sa longueur.

Cette couronne magnéto-anodique présente une structure des plus singulières. L'anode est un fil perpendiculaire aux lignes de force, protégé par un tube de verre jusqu'à 10^{mm} ou 15^{mm} de son extrémité. Ce tube de verre interrompt naturellement la couronne, mais celle-ci, en cette région et d'un seul côté, apparaît constituée par une hélice lumineuse, où l'on peut distinguer cinq ou six spires un peu aplaties. Le pas de la spire varie en raison inverse du champ, et les pas les plus serrés pouvaient valoir 1^{mm} ou $1^{mm},5$. Cette hélice change de côté quand on inverse le champ; elle débute par un filet brillant qui contourne le tube de verre et réunit ainsi les deux parties de la couronne.

Cette structure a été observée avec tous les tubes employés; elle ferait penser aux enroulements des rayons cathodiques, si l'axe curviligne de l'hélice n'était ici dans un plan normal au champ magnétique.

5. Quand un rayon magnéto-cathodique intense est amené à traverser la couronne magnéto-anodique, en passant tout contre l'anode dans l'espace

obscur, la couronne disparaît complètement, et il ne reste qu'une petite tache lumineuse sur le rayon. Si le rayon rencontre l'anode sans la déborder, la couronne persiste, un peu diminuée. La couronne est ainsi très sensible aux rayons parasites dont il a été question au n° 2, qui, s'ils sont forts, la font disparaître, et, s'ils sont faibles, en diminuent du moins l'éclat et les dimensions.

6. On sait qu'en l'absence de champ magnétique, il n'y a, près de l'anode, qu'une chute de potentiel minime. Au contraire, quand la couronne magnéto-anodique existe, il se produit au voisinage de l'anode une chute considérable, qui croît avec le degré de vide, et atteignait, par exemple, 3000 volts avec un tube qui avait 4^{mm} d'étincelle équivalente en l'absence du champ (¹). Cette chute anodique devient aussitôt insignifiante quand la couronne disparaît par l'action d'un rayon magnéto-cathodique, comme nous venons de le dire.

Au contraire, la chute de potentiel au voisinage de la cathode est fortement diminuée par le champ magnétique, en sorte que d'ordinaire le champ diminue le voltage exigé par le tube, la chute anodique étant plus que compensée par la diminution de la chute cathodique.

NOMINATIONS.

L'Académie désigne M. Laveran pour la représenter au *XVIᵉ Congrès international de Médecine,* qui se tiendra à Budapest du 29 août au 4 septembre 1909.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les Concours de l'année 1909.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Zoologie : *Prix Savigny, Da Gama Machado, Cuvier.* — MM. Ranvier, Perrier, Chatin, Delage, Bouvier, Henneguy, Grandidier, Lannelongue, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, Douvillé.

(¹) Cette ampoule était un ballon de 86^{mm} de diamètre. L'anode, la cathode et la sonde étaient des fils parallèles, de 1^{mm} de diamètre, libres sur une longueur de 10^{mm}, verticaux et placés à la même hauteur dans la région centrale du ballon. La distance de l'anode à la cathode était de 24^{mm}; celle de l'anode à la sonde, de 10^{mm}. Les trois fils formaient à peu près un triangle rectangle dont la distance cathode-anode formait l'hypoténuse.

MÉDECINE ET CHIRURGIE : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du Baron Larrey, Bellion, Mège.* — MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Lannelongue, Laveran, Dastre, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Delage.

PHYSIOLOGIE : *Montyon* (Physiologie expérimentale), *Philipeaux, Lallemand, La Caze, Pourat.* — MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Guignard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *question de prix Pourat* pour l'année 1912.

Prix Montyon. Statistique. — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Carnot, Rouché, Alfred Picard, le prince Roland Bonaparte, Tannery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Poincaré.

Prix Binoux. Histoire des Sciences. — MM. Bouquet de la Grye, Darboux, Grandidier, Poincaré, Guyou, Émile Picard, Tannery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ph. van Tieghem, Bouvier.

Médaille Arago, Médaille Lavoisier, Médaille Berthelot. — MM. Bouchard, Émile Picard, Darboux, Ph. van Tieghem.

Prix Gegner, Lannelongue, Trémont. — MM. Bouchard, Émile Picard, Darboux, Ph. van Tieghem, Maurice Levy, Bornet.

Prix Wilde. — MM. Maurice Levy, Darboux, Troost, Poincaré, Émile Picard, Lippmann, Violle.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ph. van Tieghem, Baillaud.

Prix Lonchampt. — MM. Bouchard, Guignard, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Chauveau, Perrier.

CORRESPONDANCE.

M. le MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de

Physique appliquée aux Sciences naturelles, vacante au Muséum d'Histoire naturelle par le décès de M. *Henri Becquerel.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Trois Volumes d'un *Recueil d'Œuvres de* Léo Errera et une *Notice sur Léo Errera,* par Léon Fredericq et Jean Massart. (Hommage de Mme Léo Errera.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Principes de Géométrie projective intrinsèque.* Note de M. **A. Demoulin.**

L'emploi d'une figure de référence mobile, si utile en Géométrie euclidienne, en Géométrie non euclidienne(1) et en Géométrie anallagmatique(2), offre les mêmes avantages en Géométrie projective. Il convient, dans ce cas, de rapporter la figure étudiée à un système mobile Σ_m composé d'un tétraèdre $O_1O_2O_3O_4$ ou T_m et d'un point O_5, ce système étant lui-même rapporté à une figure fixe Σ_f composée d'un tétraèdre T_f et d'un point F.

Supposons d'abord que Σ_m dépende d'un paramètre u.

Soit M un point quelconque, mobile ou fixe. Désignons par (X, Y, Z, T) ses coordonnées tétraédriques prises par rapport au tétraèdre T_f et définies, à un facteur commun près, par la condition que les coordonnées du point F soient (1, 1, 1, 1), et par (x, y, z, t) ses coordonnées tétraédriques prises par rapport au tétraèdre T_m et définies, à un facteur commun près, par la condition que les coordonnées du point O_5 soient (1, 1, 1, 1). (X, Y, Z, T) seront dites les coordonnées *absolues* du point M, et (x, y, z, t) ses coordonnées *relatives* (3).

Soient $(\alpha_i, \beta_i, \delta_i, \gamma_i)$ les coordonnées absolues du point O_i. En multipliant les coordonnées des points $O_1, \ldots, O_5$ par des facteurs convenables, on pourra faire en sorte que les cinq déterminants

$$|\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4|, \quad |\alpha_5\alpha_2\alpha_3\alpha_4|, \quad |\alpha_1\alpha_5\alpha_3\alpha_4|, \quad |\alpha_1\alpha_2\alpha_5\alpha_4|, \quad |\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_5|$$

(1) Voir *Comptes rendus,* t. CXXXIX, p. 393; t. CXL, p. 1226.

(2) Voir, dans les *Comptes rendus,* notre Note du 1er février 1909.

(3) Soit π le plan polaire de O_5 par rapport au tétraèdre T_m. Si la droite MO_i ($i = 1, 2, 3, 4$) coupe le plan π au point B_i et la face de T_m opposée à O_i au point A_i, les coordonnées relatives du point M seront proportionnelles aux rapports anharmoniques $(MO_iA_iB_i)$.

soient égaux à l'unité. Alors les coordonnées absolues (X, Y, Z, T) et les coordonnées relatives (x, y, z, t) seront liées par les relations suivantes :

$$\begin{aligned} X &= \alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 z + \alpha_4 t, \\ Y &= \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 z + \beta_4 t, \\ Z &= \gamma_1 x + \gamma_2 y + \gamma_3 z + \gamma_4 t, \\ T &= \delta_1 x + \delta_2 y + \delta_3 z + \delta_4 t. \end{aligned}$$

Cela posé, soit M′ la position qu'occupe M à l'instant $u + du$. Ses coordonnées relatives, prises par rapport à la position qu'occupe le système Σ_m à l'instant u, seront de la forme

$$x + V_x du + J_x \frac{du^2}{2} + \ldots, \quad \ldots, \quad t + V_t du + J_t \frac{du^2}{2} + \ldots,$$

et il s'agit d'exprimer, en fonction de x, de y, de z et de t et de leurs dérivées par rapport à u, les quantités (V_x, V_y, V_z, V_t), (J_x, J_y, J_z, J_t), ...

Par un calcul que nous omettons, on trouve

$$\begin{aligned} V_x &= a_{11} x + a_{12} y + a_{13} z + a_{14} t + \frac{dx}{du}, \\ V_y &= a_{21} x + a_{22} y + a_{23} z + a_{24} t + \frac{dy}{du}, \\ V_z &= a_{31} x + a_{32} y + a_{33} z + a_{34} t + \frac{dz}{du}, \\ V_t &= a_{41} x + a_{42} y + a_{43} z + a_{44} t + \frac{dt}{du}, \end{aligned}$$

et des formules analogues pour (J_x, J_y, J_z, J_t), ...

Les seize quantités a_{ik}, que nous appellerons les *rotations* de la figure Σ_m, dépendent des coordonnées des points O_i et de leurs dérivées premières; elles sont liées par la relation

$$(1) \qquad a_{11} + a_{22} + a_{33} + a_{44} = 0.$$

$(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$, $(\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4)$, $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4)$, $(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4)$ sont quatre solutions du système

$$\frac{d\theta_k}{du} = \sum_i a_{ik} \theta_i \qquad (k = 1, 2, 3, 4).$$

Réciproquement, étant données seize fonctions a_{ik}, liées par la relation (1), il existe un système mobile Σ_m, et un seul, dont les seize fonctions sont les rotations et qui, pour $u = u_0$, coïncide avec un système Σ_m^0, choisi arbitrai-

rement. Les ∞^{15} mouvements de Σ_m qui correspondent aux divers choix possibles de Σ_m^0 se déduisent de l'un d'eux au moyen des ∞^{15} transformations du groupe projectif.

L'étude des mouvements à 2, ..., 14 paramètres n'offre aucune difficulté. Les applications de la méthode que nous venons d'exposer sont fort nombreuses. Nous n'indiquerons ici que la suivante.

Soit (Q) une quadrique dépendant d'un paramètre et admettant pour caractéristique les côtés d'un quadrilatère $O_1O_2O_3O_4$. Si l'on prend comme figure de référence le tétraèdre $O_1O_2O_3O_4$, et un point quelconque O_5, l'équation de la quadrique sera de la forme

$$xz - hyt = 0,$$

et, en exprimant que sa caractéristique se compose des côtés du quadrilatère $O_1O_2O_3O_4$, on trouvera

$$(2)\quad a_{13} = a_{31} = a_{24} = a_{42} = 0, \quad a_{32} = ha_{41}, \quad a_{12} = ha_{43}, \quad a_{34} = ha_{21}, \quad a_{14} = ha_{23}.$$

Le plan osculateur à la trajectoire (O_1) du point O_1 a pour équation

$$a_{41}y + nz - a_{21}t = 0,$$

n satisfaisant à l'équation

$$(3)\qquad a_{22}a_{21}a_{41} - a_{44}a_{21}a_{41} + 2nha_{41}a_{21} = a_{21}\frac{da_{41}}{du} - a_{41}\frac{da_{21}}{du}.$$

Les coordonnées du pôle P de ce plan par rapport à la quadrique (Q) sont $(nh, a_{21}, 0, -a_{41})$.

On démontre aisément, et il est d'ailleurs connu, que les surfaces réglées engendrées par les droites O_1O_2 et O_1O_4 admettent respectivement les droites O_1O_4 et O_1O_2 comme tangentes asymptotiques. Il suit de là que la tangente à la courbe (O_1) a même conjuguée par rapport à ces deux surfaces. Cette conjuguée touche son enveloppe en un point A dont les coordonnées sont $(\theta, a_{21}, 0, -a_{41})$, θ étant défini par l'équation

$$(4)\qquad a_{22}a_{21}a_{41} - a_{44}a_{21}a_{41} + 2\theta a_{41}a_{21} = a_{21}\frac{da_{41}}{du} - a_{41}\frac{da_{21}}{du}.$$

La comparaison des relations (3) et (4) donne $\theta = nh$. Par suite les points P et A coïncident et l'on peut dès lors énoncer le théorème suivant, généralisation d'une proposition que M. Tzitzéica a fait connaître dans sa Note du 20 juillet 1908 :

Si une quadrique dépendant d'un paramètre a pour caractéristique les côtés d'un quadrilatère $O_1O_2O_3O_4$, la tangente à la trajectoire (O_i) du sommet O_i a même caractéristique par rapport aux surfaces réglées engendrées par les côtés du quadrilatère $O_1O_2O_3O_4$ qui passent par O_i. Cette conjuguée touche son enveloppe en un point dont le plan polaire par rapport à la quadrique est le plan osculateur de la courbe (O_i).

Les formules (2) permettent d'établir d'autres propriétés de la figure considérée ici et notamment la suivante, qu'on peut d'ailleurs démontrer par la Géométrie :

La tangente à la trajectoire du centre de la quadrique (Q) *passe par les milieux des segments* O_1O_3 *et* O_2O_4.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur quelques figures déterminées par les éléments infiniment voisins d'une courbe gauche.* Note de M. B. **Hostinsky.**

Soient

$$(1)\qquad \begin{cases} y = ax^2 + a'x^3 + \ldots & (a \neq 0), \\ z = bx^3 + b'x^4 + \ldots & (b \neq 0) \end{cases}$$

les équations d'une courbe gauche analytique (C), le trièdre $Oxyz$ étant formé par la tangente, par la normale et par la binormale au point O.

Nous supposons dans la suite que les coordonnées u, v, p du plan soient liées avec les coordonnées ponctuelles par l'équation

$$ux + vy + z + p = 0.$$

Les équations de la courbe (C) en coordonnées tangentielles s'écrivent

$$(2)\qquad \begin{cases} u = \alpha v^2 + \alpha' v^3 + \ldots & (\alpha \neq 0), \\ p = \beta v^3 + \beta' v^4 + \ldots & (\beta \neq 0). \end{cases}$$

où u, v, p désignent les coordonnées d'un plan osculateur voisin du plan $z = 0$.

Les coefficients des développements (1) et (2) s'expriment en fonction des valeurs R, T, $\frac{dR}{ds}$, $\frac{dT}{ds}$ que prennent, au point O, le rayon de courbure, le rayon de torsion et leurs dérivées par rapport à l'arc s.

Les coordonnées U, V, P du plan passant par trois points $M_k(x_k, y_k, z_k)$ de la courbe peuvent être développées en séries suivantes :

$$U = b\mu + \frac{ab' - a'b}{a}\lambda\mu - b'\nu + \ldots,$$

$$V = -\frac{b}{a}\lambda - \frac{ab' - a'b}{a^2}\lambda^2 + \frac{b'}{a}\mu + \ldots,$$

$$P = -b\nu - \frac{ab' - a'b}{a}\lambda\nu + \ldots,$$

qui ne contiennent que trois fonctions symétriques fondamentales

$$\lambda = x_1 + x_2 + x_3, \qquad \mu = x_1 x_2 + x_2 x_3 + x_3 x_1, \qquad \nu = x_1 x_2 x_3.$$

Des séries analogues donnent les coordonnées du point commun à trois plans osculateurs.

Soient (T) le tétraèdre formé par quatre points $M_k(x_k, y_k, z_k)$ de la courbe voisine du point O, et (T′) le tétraèdre formé par quatre plans osculateurs $A_k(u_k, v_k, p_k)$ voisins du plan $z = 0$; nous supposons

$$x_1 < x_2 < x_3 < x_4 \quad \text{et} \quad v_1 < v_2 < v_3 < v_4.$$

Lorsque

$$\lim x_k = 0, \qquad \lim v_k = 0 \qquad (k = 1, 2, 3, 4),$$

on peut étudier, au moyen des formules précédentes, les quatre sphères-limites suivantes dont les deux premières passent par le point O, tandis que les deux dernières touchent le plan $z = 0$. Chaque sphère sera donc définie par les coordonnées ξ, η, ζ du centre.

Sphère circonscrite à (T) ou sphère osculatrice ordinaire :

$$\text{(I)} \qquad \xi = 0, \qquad \eta = R, \qquad \zeta = -T\frac{dR}{ds}.$$

Sphère circonscrite à (T′) :

$$\text{(II)} \qquad \xi = 0, \qquad \eta = \frac{R}{3}, \qquad \zeta = \frac{1}{q}\left(R\frac{dT}{ds} - T\frac{dR}{ds}\right).$$

Sphère inscrite dans (T) :

$$\text{(III)} \qquad \xi = -3R\frac{ds}{dR}, \qquad \eta = 0, \qquad \zeta = qT\frac{ds}{dR}.$$

Sphère inscrite dans (T′) :

$$\text{(IV)} \qquad \xi = \frac{T}{R}\frac{ds}{d\left(\frac{T}{R}\right)}, \qquad \eta = 0, \qquad \zeta = -\frac{T^2}{R^2}\frac{ds}{d\left(\frac{T}{R}\right)}.$$

Pour préciser, représentons par B_{ik} le plan bissecteur intérieur des deux faces du tétraèdre (T) qui passent par $M_i M_k$ et par B'_{ik} le plan bissecteur intérieur des faces A_i, A_k du tétraèdre (T′). Il y a huit sphères inscrites dans (T) ou dans (T′) dont une seule S (ou S′) a son centre sur l'intersection de B_{13} avec B_{24} (ou de B'_{13} avec B'_{24}). C'est toujours la sphère S (ou S′) qui admet la sphère (III) ou (IV) comme figure-limite; les autres sphères inscrites dans (T) ou (T′) n'admettent pas des figures-limites non dégénérées.

Nous indiquons encore quatre cercles-limites touchant la courbe au point O et ayant leurs centres du même côté de la normale principale et quatre cônes de révolution analogues touchant le plan suivant Ox et ayant leurs sommets au point O. Chaque cercle sera défini par son rayon ρ et chaque cône par la cotangente de l'angle que fait son axe avec Ox; nous représentons par (Δ) le triangle formé, dans le plan $z = 0$, par les traces de trois plans osculateurs A_k, et par (Δ') le trièdre qu'on obtient en joignant le point O à trois points M_k de la courbe.

Cercle passant par M_1, M_2, M_3 ou cercle osculateur....	$\rho = R$
Cercle inscrit au triangle $M_1M_2M_3$..................	$\rho = 4R$
Cercle circonscrit au triangle (Δ)..................	$\rho = \frac{1}{3}R$
Cercle inscrit dans le triangle (Δ)..............	$\rho = \frac{4}{3}R$
Cône de révolution tangent à A_1, A_2, A_3.............	$\cot\varphi = -\frac{R}{T}$
Cône de révolution circonscrit au trièdre $A_1A_2A_3$.....	$\cot\varphi = -4\frac{R}{T}$
Cône de révolution inscrit dans le trièdre (Δ')........	$\cot\varphi = -\frac{1}{3}\frac{R}{T}$
Cône de révolution circonscrit au trièdre (Δ')........	$\cot\varphi = -\frac{4}{3}\frac{R}{T}$

On arrive à des résultats semblables si l'on étudie, en introduisant la généralisation connue des déterminations métriques par rapport à une quadrique fixe, les sphères-limites, etc., non euclidiennes.

Enfin, si nous divisons le volume V du tétraèdre formé par quatre points infiniment voisins par le volume V' du tétraèdre formé par quatre plans osculateurs correspondants, nous trouvons

$$\lim \frac{V}{V'} = q.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application du théorème généralisé de Jacobi au problème de Jacobi-Lie.* Note de M. W. Stekloff, présentée par M. É. Picard.

1. Soit $f_1, f_2, \ldots, f_m$ un système normal de m fonctions données de $2n$ variables x_i, p_i ($i = 1, 2, \ldots, n$). Soient

$$f_{m+1},\quad f_{m+2},\quad \ldots,\quad f_\rho \qquad (\rho = 2n - q) \tag{1}$$

les autres fonctions données représentant $\rho - m$ intégrales distinctes du

système normal d'équations linéaires

(2) $(f_j, f) = 0 \quad (j = 1, 2, \ldots, m).$

Supposons qu'on ait à s'assurer, n'importe de quelle manière, que les fonctions

$$f_1, f_2, \ldots, f_m; \quad \Phi_{m+1}(f_1, \ldots, f_m, f_{m+1}, \ldots, f_\rho) \quad \Phi_{m+2}(\ldots), \quad \ldots, \quad \Phi_q(\ldots)$$

forment un système de q fonctions normales.

Les fonctions $f_1, f_2, \ldots, f_m$ et (1) représentent alors un système complet de $2n - q$ intégrales distinctes de q équations normales

$$(f_j, f) = 0, \quad (\Phi_{m+s}, f) = 0 \quad (j = 1, 2, \ldots, m;\ s = 1, 2, \ldots, q - m).$$

Il est aisé de comprendre qu'on peut toujours, moyennant le théorème de ma Note précédente, former une suite de q fonctions $F_e (e = 1, 2, \ldots, q)$ à l'aide d'une seule quadrature, bien que les fonctions Φ_{m+s} restent inconnues.

Les fonctions F_e étant trouvées, on s'assure immédiatement, en tenant compte du théorème du nº 1 de ma Note précédente, que *les fonctions*

$$f_j (j = 1, 2, \ldots, 2n - q), \quad F_{m+s} (s = 1, 2, \ldots, q - m)$$

représentent $2n - m$ intégrales distinctes des équations (2).

2. Cela posé, il suffit de rappeler quelques propositions connues, dont la démonstration est tout à fait élémentaire, pour en déduire la solution du problème de Jacobi-Lie.

Supposons qu'on connaisse un système complet de ρ_1 intégrales distinctes

(3) $f_1, f_2, \ldots, f_m, f_{m+1}, \ldots, f_{\rho_1}$

des équations (2); il peut arriver que cette série de fonctions contient, outre les fonctions $f_1, \ldots, f_m$, encore d'autres fonctions normales (distinguées), ce que nous pouvons toujours reconnaître par un calcul élémentaire qui détermine le nombre $q_1 - m$ de ces fonctions. Le nombre $q_1 + s_1$ sera alors un nombre pair (Goursat, *Leçons sur l'intégration*, etc., t. I).

Désignons ces fonctions normales par $\Phi_{m+1}, \ldots, \Phi_{q_1}$. Les fonctions (3) représentent, évidemment, ρ_1 intégrales distinctes du système normal d'équations

(4) $(f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad (\Phi_{m+1}, f) = 0, \quad \ldots, \quad (\Phi_{q_1}, f) = 0$

qui peut être remplacé par un autre système équivalent

(5) $(f_1, f) = 0$, $\ldots$, $(f_m, f) = 0$, $A_{m+1}(f) = 0$, $\ldots$, $A_{q_1}(f) = 0$,

$A_s(f)$ étant les fonctions linéaires *connues* des dérivées partielles du premier ordre de la fonction f, *bien que les fonctions* Φ_{m+s} *restent inconnues.* (Goursat, *loc. cit.;* Saltykow, *Comptes rendus*, 24 août 1903).

Moyennant le théorème de Poisson-Jacobi ou, dans le cas le plus défavorable, en effectuant une intégration (de l'ordre $2n - q_1 - \rho_1$), nous trouverons encore une intégrale f_{ρ_1+1} du système (5) ou, ce qui revient au même, du système (4).

Les fonctions (3) et f_{ρ_1+1} contiennent au moins $q_1 + 1$ fonctions normales et représentent $\rho_1 + 1$ intégrales distinctes du système normal d'équations

$$(f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad A_{m+1}(f) = 0, \quad \ldots, \quad A_{q_1+1}(f) = 0,$$

ou, ce qui revient au même, du système

$$(f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad (\Phi_{m+1}, f) = 0, \quad \ldots, \quad (\Phi_{q_1+1}, f) = 0.$$

Il suffit de répéter λ fois l'opération de l'espèce indiquée, où

$$\lambda = n - \frac{q_1 + \rho_1}{2},$$

pour trouver toutes les $\rho = \rho_1 + \lambda = 2n - q_1 - \lambda$ intégrales distinctes de q équations

$$(f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad A_{m+1}(f) = 0, \quad \ldots, \quad A_q(f) = 0$$

contenant q fonctions normales $f_1, \ldots, f_m, \Phi_{m+1}, \ldots, \Phi_q$.

3. Il est évident que les fonctions

(6) $f_1, f_2, \ldots, f_m, f_{m+1}, \ldots, f_\rho \quad (\rho = 2n - q)$,

ainsi déterminées, satisfont aux conditions du n° 1.

Donc, *il suffit d'effectuer une seule quadrature pour déterminer, sans d'autres intégrations, toutes les intégrales distinctes des équations* (2), *en ajoutant à* $2n - q$ *fonctions* (6) *encore* $q - m$ *fonctions*

$$F_e(e = m + 1, \ldots, q - m).$$

L'intégrale complète du système de m équations simultanées aux dérivées

partielles du premier ordre

$$f_1 = \alpha_1, \quad f_2 = \alpha_2, \quad \ldots, \quad f_m = \alpha_m,$$

α étant des constantes données, se détermine par la méthode de Cauchy-Jacobi.

On arrive ainsi à *la solution du problème Jacobi-Lie,* qui *se déduit,* comme nous l'avons montré, *à l'aide des considérations élémentaires, du théorème généralisé de Jacobi.*

ALGÈBRE. — *La recherche des racines de certaines équations numériques transcendantes.* Note [1] de M. R. de **Montessus**, présentée par M. Appell.

Le théorème de Sturm, sous la forme généralisée qu'on en donne dans les Traités d'Algèbre modernes, s'applique aux équations transcendantes, sous réserve de conditions de continuité faciles à énoncer, et notamment à l'équation

$$F(\alpha, \beta, \gamma, x) = 0.$$

M. Hurwitz [2] a indiqué une suite de Sturm convenant à cette équation pour les valeurs positives de x qui sont moindres que 1.

Voici des suites analogues pour les valeurs de la variable x comprise entre zéro et -1 et, plus généralement, entre -1 et $+1$. Quatre cas sont à distinguer :

1° $\quad 0 < \alpha < 1, \quad 0 < \beta < \gamma;$

2° $\quad 0 < \alpha < 1, \quad \beta > \gamma > 0;$

3° $\quad \alpha > 1, \quad \beta > \gamma > 0;$

4° *l'un au moins des nombres α, β, γ est négatif.*

Premier cas. — Quel que soit x compris entre -1 et $+1$, l'équation n'a pas de racines réelles.

Deuxième cas :

$$F(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F'(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F(\alpha, \beta, \gamma + 1, x),$$
$$F(\alpha, \beta, \gamma + 2, x), \quad \ldots, \quad F(\alpha, \beta, \gamma + p, x),$$

où

$$\gamma + p - 1 < \beta < \gamma + p$$

(1) Présentée dans la séance du 15 février 1909.

(2) *Mathematische Annalen,* t. XXXVIII.

est une suite de Sturm, sous réserve de changer les signes de quelques-uns de ses termes.

Troisième cas :

$$\begin{gathered}F(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F'(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F(\alpha-1, \beta, \gamma, x), \\ F(\alpha-2, \beta, \gamma, x), \quad \ldots, \quad F(\alpha-i, \beta, \gamma, x), \\ F(\alpha-i, \beta, \gamma+1, x), \quad F(\alpha-i, \beta, \gamma+2, x), \quad \ldots, \quad F(\alpha-i, \beta, \gamma+h, x) \\ (0<\alpha-i<1, \ \gamma+h-1<\beta<\gamma+h)\end{gathered}$$

est une suite de Sturm, sous la même réserve que précédemment.

Quatrième cas :

$$(S) \quad \left\{\begin{gathered}F(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F'(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F''(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad \ldots, \quad F^{(n)}(\alpha, \beta, \gamma, x), \\ F(\alpha+n-1, \beta+n, \gamma+n, x), \quad F(\alpha+n-2, \beta+n, \gamma+n, x), \quad \ldots, \\ F(\alpha+n-p, \beta+n, \gamma+n, x) \\ (\alpha+n>1, \ \beta+n>0, \ \gamma+n>0, \ 0<\alpha+n-p<1)\end{gathered}\right.$$

est une suite de Sturm si $\alpha<\gamma$, et si $\beta>\gamma$ on *prolongera* la suite précédente par celle-ci :

$$\begin{gathered}F(\alpha+n-p, \beta+n, \gamma+n+1, x), \quad F(\alpha+n-p, \beta+n, \gamma+n+2, x), \quad \ldots, \\ F(\alpha+n-p, \beta+n, \gamma+n+q, x), \\ \gamma+q-1<\beta<\gamma+q;\end{gathered}$$

si

$$0<\alpha+n<1, \qquad \beta>\gamma,$$

on prolongerait (S) par

$$\begin{gathered}F(\alpha+n, \beta+n, \gamma+n+1, x), \quad F(\alpha+n, \beta+n, \gamma+n+2, x), \quad \ldots, \\ F(\alpha+n, \beta+n, \gamma+n+k, x);\end{gathered}$$

(S) n'est une suite de Sturm complète que si

$$\alpha+n<1, \qquad \beta<\gamma.$$

La séparation des racines une fois effectuée, on peut resserrer arbitrairement les intervalles α, β jusqu'à ce que ceux-ci ne contiennent plus qu'une racine chacun de l'équation $y=0$ et ne contiennent pas de racines des équations $y'=0$, $y''=0$; cela est facile puisque, d'ordinaire, les suites de Sturm renferment y', y''; on peut alors appliquer au calcul de la racine comprise entre α, β les méthodes ordinaires d'approximation.

Pour beaucoup d'autres équations usuelles, $y(x)=0$, où $y(x)$ vérifie une équation différentielle du second ordre linéaire et homogène

$$x \ \ +A(x)y'(x)+B(x)y''(x)=0,$$

d'où l'on peut conclure par dérivations

$$y'(x) + A_1(x)y''(x) + B_1(x)y'''(x) = 0,$$
$$y''(x) + A_2(x)y'''(x) + B_2(x)y^{IV}(x) = 0,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;$$

$y, y', y'', \ldots, y^n$ constituent encore une suite de Sturm et l'on trouve d'ordinaire une dérivée y^n dont l'étude entre deux limites données *a priori*, α et β, est assez facile; par exemple, pour

$$y = x\cos x - \sin x,$$

qui vérifie l'équation différentielle

$$(x^2+1)y - 2xy' + x^2y'' = 0,$$

y, y', y'' est une suite de Sturm suffisant à séparer les racines de $y(x) = 0$; pour

$$y_n = 1 - \frac{x}{1(n+1)} + \frac{x^2}{1.2(n+1)(n+2)} - \frac{x^3}{1.2.3(n+1)(n+2)(n+3)} + \frac{x^4}{1.2.3.4(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)} - \ldots,$$

qui vérifie l'équation différentielle

$$y_n + (x+1)y'_n + xy''_n = 0,$$

$y, y', y'', \ldots, y_n^h$ $(n+h < x < n+h+1)$ est une suite de Sturm, car il est immédiat que $y_n^h = 0$ n'a pas de racines réelles.

L'application aux équations

$$0 = 1 - x + \frac{x^2}{(1.2)^2} - \frac{x^3}{(1.2.3)^3} + \frac{x^5}{(1.2.3.4.5)^2} - \ldots,$$
$$0 = 1 - \frac{x}{2} + \frac{x^2}{3.2^2} - \frac{x^3}{4(2.3)^2} + \frac{x^4}{5(2.3.4)^2} - \ldots$$

n'offre pas de difficultés (¹).

MÉCANIQUE. — *Sur la statique graphique de l'aéroplane.* Note (²) de M. **Léon Lecornu**, présentée par M. Painlevé.

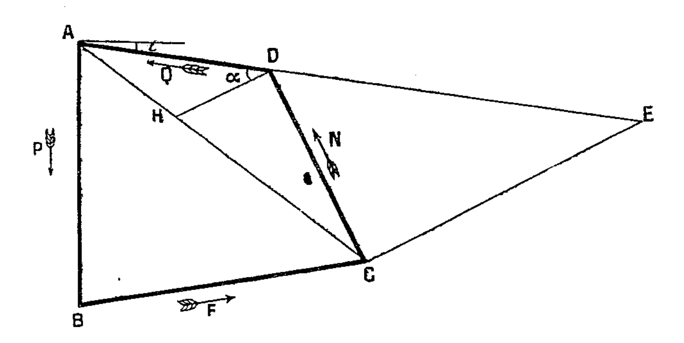
Si l'on admet la loi du sinus, la recherche des conditions nécessaires pour la translation rectiligne et uniforme d'un aéroplane est facilitée par une construction qu'il me paraît utile de signaler.

(¹) Cf. Hurwitz, *Mathematische Annalen*, t. XXXVII.

(²) Présentée dans la séance du 18 janvier 1909.

Quatre forces se font équilibre : le poids P, la propulsion F due à l'hélice, la pression normale N exercée par l'air sur le plan sustentateur, enfin la résistance Q opposée par l'air au déplacement du système. L'addition géométrique de ces forces donne un quadrilatère ABCD dont le côté $AB = P$ est vertical.

Ce quadrilatère n'est pas quelconque : sa diagonale AC est partagée dans un rapport déterminé par la perpendiculaire DH au côté CD. Si, en effet, on appelle V la vitesse par rapport à l'air, vitesse dirigée suivant AD, et si l'on remarque que DH est la ligne de plus grande pente du plan sustentateur, on a, en désignant par α l'angle d'attaque ADH, par a et b deux constantes dépendant du mode de construction : $N = aV^2 \sin\alpha$ et $Q = bV^2$, d'où $\frac{CH}{AH} = \frac{N}{Q \sin\alpha} = \frac{a}{b}$.



La figure d'un quadrilatère est déterminée par cinq conditions. Vu la relation précédente, il suffit ici de quatre autres conditions. Donnons-nous la direction de la propulsion F. Nous pouvons encore choisir arbitrairement trois données qui seront généralement prises parmi les éléments suivants : poids P, propulsion F, grandeur V et inclinaison i de la vitesse. Comme $Q = bV^2$, on peut, au lieu de V, se donner Q. De là quatre problèmes principaux, correspondant aux combinaisons des quatre éléments P, F, Q, i pris trois à trois.

Pour abréger le langage, appelons Γ_0 la circonférence décrite de A comme centre avec AD comme rayon, Γ_1 celle qui admet CH comme diamètre, Γ_2 celle dont le diamètre est le segment DE obtenu en prolongeant AD d'une longueur égale à $Q\frac{a}{b}$, en sorte que CE soit parallèle à HD. Les quatre problèmes se résolvent de la manière suivante :

1° *Données* P, F, Q. — Le point D est à l'intersection de Γ_0 et de Γ_1.

2° *Données* P, F, i. — Le point D est à l'intersection de Γ_1 avec la droite AE, dont la direction est connue.

3° *Données* P, Q, i. — Le point C est à l'intersection de Γ_2 avec la droite BC, de direction connue.

4° *Données* F, Q, *i*. — Le point C est à l'intersection de Γ_2 avec une verticale connue.

Chaque problème admet ainsi deux solutions, faciles à construire avec la règle et le compas. La figure obtenue fait connaître la grandeur et la direction de chaque force, l'inclinaison du plan sustentateur, enfin la grandeur et la direction de la vitesse par rapport à l'air. Il est aisé de discuter, dans chaque cas, les conditions de réalité. Soit, par exemple, à trouver l'inclinaison minimum de la trajectoire rectiligne, le moteur étant arrêté. F est alors nul, et C coïncide avec B. Le point H occupe une position H_1 entre A et B. L'inclinaison cherchée est celle d'une tangente menée de A à la circonférence décrite sur le segment $BH_1 = \frac{a}{a+b}P$ comme diamètre. Soit encore à trouver le minimum de la force propulsive, de direction donnée, permettant d'imprimer au système, en air calme, une translation horizontale. AE est alors horizontal. Si l'on fait varier V, et par conséquent Q, la circonférence Γ_2 demeure homothétique à elle-même par rapport à A, et elle enveloppe deux droites issues de ce point. Considérons celle de ces droites, Δ, qui est au-dessous de AE, et prenons son point de rencontre C_1 avec la droite BC, dont la direction est connue. BC_1 est le minimum cherché. La valeur de ce minimum dépend de l'inclinaison de la force propulsive. L'inclinaison la plus avantageuse est celle de la perpendiculaire à Δ.

Si le coefficient *b* de la résistance à l'avancement augmente pour une cause quelconque, sans variation de la force F non plus que de l'inclinaison du plan sustentateur, le point D se rapproche de C, sur la droite fixe CD. Il en résulte que les angles *i* et α augmentent, tandis que N diminue. Comme $N = aV^2 \sin\alpha$, il faut que V diminue. C'est à peu près ce qui se produit dans un virage : la manœuvre du gouvernail de direction, en même temps qu'elle développe la force centripète nécessaire à la rotation, augmente la résistance à l'avancement. Elle tend donc à faire descendre l'aéroplane et à réduire sa vitesse.

AÉRONAUTIQUE. — *Force et puissance de propulsion des hélices aériennes.* Note [1] de M. **René Arnoux**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans cette Note la *force de propulsion d'une hélice* est définie par l'effort qu'elle est susceptible de développer suivant son axe de rotation. Le pro-

[1] Reçue dans la séance du 18 janvier 1909.

duit de cet effort par la vitesse de translation suivant ce même axe définira la *puissance propulsive* de l'hélice considérée.

La poussée d'une hélice au point fixe est généralement connue parce qu'elle est très facile à mesurer, mais la loi qui lie cette poussée à la vitesse de translation de l'hélice suivant son axe n'a pu être déterminée jusqu'ici faute d'un bon palier de butée dynamométrique. Or ce qu'il est intéressant de connaître c'est la *poussée dynamique* de l'hélice lorsqu'elle se déplace dans l'air avec une vitesse égale à celle de l'appareil propulsé. Cette mesure serait actuellement impossible si l'on n'observait pas qu'il est indifférent que ce soit l'hélice qui se déplace avec une vitesse v par rapport à l'air ambiant ou ce dernier avec la même vitesse, mais en sens contraire par rapport à l'hélice fixe.

C'est précisément en opérant à l'aide de cette dernière méthode que nous sommes parvenu à établir expérimentalement que la poussée f d'une hélice tournant à poste fixe à une vitesse angulaire ω, maintenue constante, dans l'air animé d'une vitesse v par rapport à l'appareil, peut être pratiquement représentée par une fonction de v linéaire et décroissante de la forme

$$f = b\left(1 - \frac{v}{a}\right) \tag{1}$$

dans laquelle b est la poussée au point fixe et a la *vitesse limite* de translation qu'aurait l'hélice suivant son axe, eu égard à sa vitesse angulaire ω et à son pas. Si l'on observe que la poussé b d'une hélice au point fixe est liée à ω par la relation $b = k\omega^2$, k étant un paramètre fonction du diamètre, du pas, de la surface des pales, etc., l'équation (1) devient, en observant que $a = h\omega$, h désignant le pas de l'hélice ou son avance par tour suivant son axe,

$$f = k\omega^2\left(1 - \frac{v}{h\omega}\right). \tag{2}$$

Cette relation montre qu'à chaque valeur de ω correspond une valeur limite $h\omega$ de la vitesse v de translation, limite pour laquelle la poussée f s'annule. La *puissance utile de propulsion* W de l'hélice, étant égale au produit de la poussée f par la vitesse v, est dès lors déterminée par la relation

$$W = fv = k\omega^2 v\left(1 - \frac{v}{h\omega}\right) = \frac{k\omega}{h} v(h\omega - v), \tag{3}$$

laquelle montre que pour chaque valeur de ω la *puissance propulsive* est représentée par une parabole du deuxième degré et que cette puissance passe par un maximum correspondant au maximum du produit des deux facteurs v et $(h\omega - v)$.

La somme de ces deux facteurs étant constante et égale à $h\omega$, ce maximum a lieu pour $v = h\omega - v = \frac{1}{2}h\omega$. Ainsi le maximum de puissance propulsive d'une hélice tournant à vitesse angulaire constante a lieu lorsque sa vitesse de translation par rapport à l'air ambiant est égale à la moitié de la vitesse limite $h\omega$ et cette puissance s'annule aussi bien pour $v = 0$ que pour $v = h\omega$.

Ceci posé, si l'on définit le *rendement propulsif* de l'hélice par le rapport $v : h\omega$ de la vitesse v réellement réalisée à la vitesse limite $h\omega$, on voit que ce rendement est de 50 pour 100 lorsque la puissance propulsive est maximum et ne peut devenir intégral que pour des valeurs nulles de la poussée et de la puissance propulsive.

Dans ces conditions les maximums de la poussée, de la puissance et du rendement propulsifs, ayant lieu pour les trois valeurs différentes 0, $\frac{1}{2}h\omega$ et $h\omega$ de la vitesse v de translation, il y a lieu de déterminer pour quelle valeur de v le produit

$$(4) \qquad W \times R_p = \frac{k}{h} v^2 (h\omega - v)$$

de la puissance par le rendement propulsif passe par un maximum. Le calcul montre immédiatement que ce maximum est atteint pour $v = \frac{2}{3}h\omega$. Dans ce cas la poussée est réduite au $\frac{1}{3}$ de sa valeur au point fixe, la puissance propulsive aux $\frac{8}{9}$ de sa valeur maximum et le rendement est égal à $\frac{2}{3}$ ou 67 pour 100.

Actuellement l'hélice est calculée ou réglée par tous les constructeurs de façon à absorber au point fixe le maximum de la puissance du moteur qui l'actionne. Or, comme nous savons que la réaction de l'air sur ses pales diminue à mesure que s'accroît la vitesse de translation, il en résulte que le couple résistant opposé au moteur diminue également, la vitesse angulaire s'accélère, dépasse celle correspondant à ce maximum de puissance et peut atteindre des valeurs susceptibles d'amener la rupture de l'hélice. Le but que doit se proposer le constructeur est, non pas de chercher à obtenir des rendements propulsifs supérieurs à 67 pour 100, mais bien d'approprier les dimensions de l'hélice à celles de l'appareil propulsé et de réduire les résistances opposées par ce dernier à sa translation de façon que sa vitesse de régime v soit aussi voisine que possible des $\frac{2}{3}$ de la vitesse limite $h\omega$ que pourrait lui imprimer son organe propulseur.

En général on aura toujours avantage à employer des hélices de grand diamètre appuyant sur l'air par de grandes surfaces de pales. L'explication de la faible puissance mécanique propulsant l'aéroplane des frères Wright réside bien plutôt dans l'emploi de deux hélices de grand diamètre et de

grandes surfaces de pales que dans la cambrure ou le profil de ces dernières.

Ceci est d'ailleurs extrêmement facile à faire ressortir par les considérations suivantes. En effet lorsque l'appareil, propulsé par son hélice, se meut à une vitesse de régime v à travers l'atmosphère, il refoule vers l'avant une masse d'air M et communique à celle-ci dans un temps t une quantité de mouvement Mv et une énergie cinétique $\frac{1}{2}Mv^2$, tandis que dans le même temps l'hélice refoule en sens inverse, c'est-à-dire vers l'arrière, une masse d'air généralement beaucoup plus petite m à une vitesse V qui, en raison du principe d'égalité de l'action et de la réaction et puisque nous supposons uniforme le régime du système et constante la poussée f de l'hélice, est telle qu'on ait constamment

$$Mv = ft = mV.$$

Mais à ces quantités de mouvement correspondent respectivement des quantités d'énergie cinétique $\frac{1}{2}Mv^2$ et $\frac{1}{2}mV^2$ qui diffèrent d'autant plus l'une de l'autre que la masse d'air m sur laquelle s'appuie l'hélice est plus petite relativement à la masse d'air M déplacée par l'aéroplane. Dès lors, il est facile de voir que l'énergie cinétique communiquée à l'air par l'hélice et par conséquent la puissance mécanique à fournir à celle-ci est $\frac{V}{v}$ ou $\frac{M}{m}$ fois plus grande que celle strictement nécessaire à la propulsion de l'aéroplane. L'avantage des hélices de grand diamètre à grandes surfaces de pales tournant lentement sur les petites hélices à grande vitesse angulaire se trouve ainsi nettement mis en évidence.

PHYSIQUE. — *Effets thermiques de l'arc musical; fusion probable du carbone.* Note de M. **M. La Rosa**, présentée par M. Lippmann.

J'ai démontré dans une Note (¹) de janvier 1907 qu'on peut obtenir le phénomène de l'arc musical en dérivant aux pôles d'un arc voltaïque un circuit doué seulement de capacité, et que cette suppression de la self-induction dans la disposition bien connue de Duddel produisait un accroissement dans la fréquence et l'amplitude des oscillations, et dans la quantité d'électricité mise en mouvement dans chaque charge ou décharge, c'est-à-dire produisait un grand accroissement de la puissance moyenne dépensée par chaque décharge dans l'arc.

(¹) *Il fenomeno dell' arco cantante in un circuito che non ha un periodo proprio di oscillazione* (*Rend. R. Acc. Lincei*), 5ᵉ série, t. XVI, fasc. 2, p. 112).

J'ai montré depuis (¹) que, lorsque la capacité du circuit dérivé est assez grande, et la résistance et la self-induction sont très petites, le spectre de l'arc musical coïncide avec celui d'une étincelle *condensée* produite entre les mêmes charbons ; et j'ai montré encore qu'en faisant décroître lentement la capacité, ou croître la self-induction, le spectre se transforme graduellement et reprend les caractères du spectre de l'arc ordinaire. En étudiant les éléments principaux du phénomène électrique, j'ai pu observer un parallélisme complet entre la puissance moyenne dépensée dans l'arc par chaque décharge et la structure du spectre émis, de sorte que, parmi les spectres obtenus en conditions différentes du circuit dérivé, celui qui correspondait à une puissance moyenne employée plus grande et de l'ordre de grandeur de celle employée dans une décharge condensée ordinaire était toujours plus près du type obtenu avec l'étincelle.

De la discussion des résultats de mon travail et de ceux d'autres expérimentateurs, sur la transformation du spectre d'étincelle en celui d'arc, et sur l'apparition en ce spectre de lignes d'étincelle, j'ai pu conclure que le spectre d'étincelle correspond à un degré d'excitation plus grand que celui de l'arc, et que l'élément fondamental qui détermine la structure spectrale est la *puissance moyenne dépensée dans l'unité de masse du gaz excité*.

Ayant ainsi établi que dans l'arc musical, quand la self-induction et la résistance du circuit dérivé sont très petites, on consomme une puissance moyenne *spécifique* plus grande que dans l'arc ordinaire, il est naturel de se demander si, avec un degré plus élevé d'excitation lumineuse, on n'atteint une température plus élevée que celle de l'arc ordinaire, et partant des effets thermiques qu'on n'a pas pu obtenir avec celui-ci. De telles considérations m'ont conduit à essayer de fondre le carbone par l'arc musical (²).

Les expériences ont été faites avec du charbon de sucre qui, brûlé dans un courant d'oxygène, laissait un résidu de 0,1 pour 100. Les électrodes de charbon (diamètre de 11^{mm}) choisis exprès parmi les plns purs que j'ai pu me procurer laissaient, après combustion, un résidu de 0,33 pour 100. En soumettant pendant quelques heures le charbon de sucre, réduit en poudre menue, à l'action de l'arc musical, avec un circuit dérivé d'une capacité de 60 microfarads, et dont la self-induction et la résistance étaient celles des seuls cordonnets d'attache (presque 1000^{cm} et 0,1 ohm, respectivement), il se formait sur les deux électrodes des encroûtements différents entre eux comme forme et dimensions. Celui de l'électrode positif est plus large que haut; il a la forme d'un tronc de cône qui s'appuie par la base la plus petite sur l'électrode;

(¹) *Trasformazioni dello spettro dell' arco elettrico cantante* (*Memorie della R. Acc. Lincei,* 5e série, t. VII, 1908, p. 451).

(²) Selon M. Moissan, il serait impossible de fondre le carbone à la pression ordinaire. Mais cette conclusion, selon moi, n'est pas justifiée, et je me réserve de la discuter dans la relation plus ample que je donnerai sous peu de mes expériences.

l'autre base est remarquablement creuse; de sorte que l'encroûtement a dans son ensemble l'aspect d'une coupe; elle peut atteindre la hauteur de 6mm et le diamètre de 14mm. Celui de l'électrode négatif a la forme d'un cylindre de diamètre inférieur à celui de l'électrode; il est plus ou moins irrégulier à cause de la présence de petits regonflements et peut atteindre la hauteur de 10mm. L'extrémité du cylindre, tournée vers l'autre électrode, est plus mince et arrondie en haut.

Les surfaces latérales des deux encroûtements sont noires, et l'on y aperçoit les parcelles du charbon de sucre attachées; tandis que les surfaces entre lesquelles passait l'arc sont de couleur grise non uniforme, et elles présentent de larges veines d'un gris plus pâle; elles sont luisantes et semblent légèrement émaillées. En détruisant ces encroûtements, on trouve une partie périphérique peu résistante, presque friable, qui se laisse réduire en poudre, même par un petit effort. Dans cette poudre, on peut reconnaître au microscope les petits grains primitifs du charbon transformés, en quelques points, en graphite, et une partie plus intérieure formée de graphite très compact et résistant aux efforts de rupture; elle est assez onctueuse au tact et luisante. Ces petites masses de graphite ne laissent plus distinguer, au microscope, aucune trace des contours des parcelles du charbon primitif.

J'ai déterminé également avec beaucoup de soins le résidu laissé par ces petites masses brûlées dans un courant d'oxygène pour voir quelle importance pouvait avoir dans le fait de leur cémentation la présence de traces d'impureté. Ces échantillons de graphite montrent une très grande résistance à la combustion; il ne fut pas possible, en effet, de les brûler complètement dans un tube ordinaire de combustion, parce que, à la haute température nécessaire pour les brûler, le verre se ramollissait et se perçait. J'ai donc dû faire usage d'un tube de porcelaine. Le résidu déterminé sur 1g,290 de substance fut de 0,05 pour 100, c'est-à-dire plus petit que celui du charbon de sucre employé.

Le résultat de cette analyse, la ténacité de l'agrégat et l'observation microscopique du graphite obtenu, me conduisent à exclure qu'il puisse résulter de parcelles de graphite cémentées seulement par de petites quantités de matières étrangères.

On pourrait croire que la formation de ces encroûtements est due à la sublimation du carbone, si ce n'est qu'en répétant l'expérience dans des conditions identiques avec un arc à courant continu et en prolongeant même pendant plusieurs heures la durée de l'expérience, on ne réalise pas le résultat qui avait été obtenu. L'on obtient sur les électrodes des agglomérés ayant une forme extérieure analogue, mais ils présentent une très petite cohésion; sous l'action de la faible compression exercée par les doigts en les prenant, ils se cassent et se réduisent très facilement en une poudre, qui a les mêmes caractères que celle provenant de la couche extérieure des encroûtements que nous avons déjà décrits.

De plus, en observant directement le phénomène, j'ai remarqué dans l'arc chantant que la formation des encroûtements est accompagnée par un tourbillon qui emporte, d'une façon continue, la poudre ardente entre les électrodes, et qu'ils acquièrent des dimensions considérables en un temps d'autant plus court que le tourbillon est plus vif et l'arc plus bruyant.

L'ensemble de ces observations me conduit donc à admettre que *les parcelles de carbone rencontrées par la décharge intermittente atteignent l'état liquide* et que, pour cela, la température de l'arc chantant, dans les conditions dans lesquelles il émet le spectre d'étincelle, est réellement plus élevée que celle de l'arc ordinaire.

PHYSIQUE. — *Sur la constitution des lignes souterraines qui amènent dans les grandes villes les circuits téléphoniques.* Note de M. **Devaux-Charbonnel**, présentée par M. H. Poincaré.

Par suite de diverses raisons il n'est pas possible, dans certaines villes, comme Paris, d'amener par voie aérienne les circuits téléphoniques jusqu'au bureau central. On doit faire usage de câbles souterrains, dont la longueur atteint souvent 10^{km}. D'autre part, à cause de l'étendue de la ville, il n'est pas rare qu'un abonné se trouve à 10^{km} du bureau central. Les circuits aériens sont donc prolongés par des lignes souterraines qui peuvent avoir une vingtaine de kilomètres.

On a depuis longtemps constaté que la présence de la section souterraine diminue considérablement l'intensité de la voix, à tel point qu'il a été impossible, uniquement à cause de ce fait, de constituer des relations directes entre certaines capitales importantes.

Au cours de recherches sur la propagation du courant, nous avons reconnu qu'il était possible de soumettre la question au calcul, et ce sont les premiers résultats de ce travail que nous allons présenter.

Nous avons précédemment montré [1] que les courants téléphoniques étaient composés d'harmoniques dont quelques-uns, voisins de la fréquence 1000, avaient une importance capitale. On peut appliquer à ces courants les procédés des courants alternatifs sinusoïdaux, et calculer l'intensité reçue à l'extrémité d'une ligne, homogène ou non, pourvue d'appareils. Le rapport P, qui permet de comparer l'intensité reçue à celle qui se manifesterait s'il n'y avait pas de ligne souterraine, a pour valeur

$$\text{(1)} \qquad P = \frac{Z_1}{Z}\left(\frac{A+B}{2}e^{al} + \frac{A-B}{2}e^{-al}\right),$$

[1] *Comptes rendus*, 15 juin 1908.

expression où les lettres ont la signification suivante :

$$A = 1 + \frac{Z_t}{Z}; \qquad B = \frac{Z_t}{Z} + \frac{Z}{Z_1};$$

a, coefficient d'amortissement; l, longueur souterraine; Z, impédance ligne souterraine; Z_1, impédance ligne aérienne; Z_t, impédance appareil.

Toutes ces quantités se calculent au moyen des constantes électriques des lignes envisagées; pour l'appareil on peut admettre une résistance de 1000 et une résistance de 500, chiffres qui conviennent à beaucoup d'appareils, notamment à ceux de l'Administration des Téléphones.

Nous ajouterons que dans la formule (1) un terme a une importance capitale : c'est

$$(2) \qquad R = \frac{e^{al}}{Z} Z_t.$$

On doit en conséquence s'attendre à trouver qu'il y a avantage à choisir des lignes dont l'impédance soit grande et l'amortissement minime.

Nous allons passer en revue quelques types de lignes souterraines et, pour rendre les résultats plus expressifs, nous indiquerons les longueurs aériennes de fils de gros calibre (5^{mm}) qui produiraient le même affaiblissement que la ligne souterraine considérée. C'est ce que nous appellerons la *longueur aérienne équivalente*.

Voici les résultats pour des câbles du modèle ordinaire, fils de cuivre, isolés au papier, de 1^{mm}, $2^{mm},5$, 5^{mm} de diamètre :

Longueur souterraine.	Longueur aérienne équivalente pour câbles de		
	1^{mm}.	$2^{mm},5$.	5^{mm}.
km 5	km 157	km 76	km 110
10	363	191	240
15	565	320	370
20	820	440	500

Ces câbles ont à peu près mêmes constantes, sauf la résistance qui varie suivant le diamètre. On voit immédiatement combien la section souterraine est nuisible à la bonne audition. Prenons un circuit aérien amené au bureau central par une ligne de 10^{km} en câble de $2^{mm},5$, et mis à la disposition d'un abonné par une ligne de même longueur en câble de 1^{mm} de cuivre. Cette ligne souterraine, qui n'a que 20^{km} au total, aura le même effet qu'une longueur de plus de 550^{km} du circuit aérien, c'est-à-dire 27 fois plus grande.

On voit encore que les fils de petit diamètre ne doivent pas être employés, mais qu'il n'est pas non plus avantageux de prendre des fils de fort calibre. En effet, à mesure que la résistance diminue, l'amortissement et l'impédance

prennent une valeur moindre. Mais l'impédance diminue plus vite que l'amortissement, et il y a une valeur optimum, qui correspond à peu près au calibre de $2^{mm},5$.

Les câbles du modèle ordinaire étant peu avantageux, on a cherché à obtenir de meilleurs résultats en augmentant la self-induction. Ce sont les procédés bien connus de l'insertion de bobines de self (procédé Pupin) ou du cuirassement des fils de cuivre par une enveloppe de fer (procédé Barbarat). Dans ce cas, l'impédance devient à peu près indépendante de la résistance. Elle augmente avec la self, en même temps que l'amortissement diminue. Le procédé doit donc être efficace. Mais il ne faut pas oublier que l'insertion de bobines introduit une résistance supplémentaire qui est de l'ordre de 20 ohms par kilomètre pour 0,1 henry à la fréquence de 1000. Cette résistance est relativement considérable.

Voici les résultats du calcul :

Longueur souterraine.	Longueur aérienne équivalente pour câbles de		
	1^{mm}.	$2^{mm},5$.	5^{mm}.
km 5	km 82	km 40	km 31
10	180	114	100
15	240	130	120
20	310	150	140

Encore ici, à cause de la résistance des bobines supplémentaires, il n'y a pas intérêt à prendre des calibres trop forts. Le câble est meilleur que dans le cas précédent. Il n'est pas entièrement satisfaisant.

Devant la difficulté pratique d'augmenter la self d'une manière efficace, on peut se demander s'il ne serait pas aussi avantageux et plus commode d'agir sur la capacité.

En doublant l'épaisseur de la gaine de papier, on aurait une capacité deux fois moindre, et, comme la self deviendrait en même temps double, on devrait obtenir un câble possédant de bonnes qualités téléphoniques.

Voici ce que permet de prévoir le calcul :

Longueur souterraine.	Longueur aérienne équivalente.
km 5	km 50
10	100
15	140
20	170

Un câble de ce genre serait supérieur aux câbles ordinaires. Il semble qu'il serait à peu près équivalent aux câbles pupinisés. En réalité, il serait meilleur. En effet, l'affaiblissement du câble pupinisé varie peu avec la fréquence. Le câble à faible capacité posséderait, au contraire, pour les basses fréquences correspondantes aux sons fondamentaux de la voix, un affaiblissement très petit, du même ordre que celui des lignes aériennes. Il est donc probable que l'intercalation d'une vingtaine de kilomètres de ce câble, à l'extrémité d'un circuit aérien, ne modifierait que très peu l'intensité de la voix.

Nous avons cru utile de signaler les propriétés précieuses des câbles à faible capacité. Leur fabrication ne paraît pas devoir comporter de difficultés spéciales, et leur prix de revient ne peut être beaucoup plus élevé que celui des câbles ordinaires. Ils semblent destinés à résoudre le problème de la constitution des amorces souterraines d'une façon satisfaisante, car ils seraient à la fois moins chers, plus commodes et plus efficaces que les câbles à grande self-induction.

PHYSIQUE. — *Sur l'existence d'électrons positifs dans les tubes à vide.* Note de M. A. **Dufour**, présentée par M. J. Violle.

M. J. Becquerel a décrit précédemment (¹) des expériences qu'il a faites dans des tubes à vide et dont il interprète les résultats en supposant que le faisceau particulier qu'il a obtenu est constitué, au moins sur une partie de son trajet, par des *électrons positifs*, comparables aux électrons négatifs, ou du moins possédant un rapport de la charge à la masse du même ordre de grandeur.

J'ai répété ces expériences à l'aide du tube (²) représenté par la figure 1;

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 22 juin 1908, p. 1308; *Le Radium*, t. V, juillet 1908, p. 193.

(²) Ce tube a été construit conformément aux indications données par M. J. Becquerel dans *Le Radium*, t. V, p. 194 et 196. Il était alimenté par un condensateur dont le débit était réglé par une résistance liquide; le condensateur était chargé à haut potentiel par une bobine d'induction marchant à l'aide d'un interrupteur Wehnelt et munie des deux soupapes Villard nécessaires; c'est le dispositif connu, imaginé par M. Villard, et qui est équivalent et parfois même préférable à une machine électrostatique puissante.

j'ai retrouvé les mêmes résultats expérimentaux que M. J. Becquerel, mais l'interprétation qu'il en donne me paraît être inexacte.

Quand on crée un faible champ magnétique au voisinage de c', on dévie légèrement les rayons cathodiques émis par la cathode c et allant de c vers c'; il se forme donc sur la paroi de verre de l'ampoule B une tache fluorescente

Fig. 1 [1].

verte que nous désignerons par T et qui indique l'endroit où le faisceau cathodique dévié rencontre le verre; nous allons voir que la position de cette tache T, point d'arrivée du faisceau cathodique dévié par le champ, est en relation directe avec la formation et la direction du faisceau de M. J. Becquerel.

L'expérience montre, en effet, qu'il suffit d'amener cette tache T à la même position pour obtenir le faisceau dévié précédent. On peut, pour cela, faire agir, comme M. J. Becquerel, un petit aimant au voisinage de c'.

Mais on peut aussi faire agir un aimant dans la région C du tube, le champ étant alors négligeable en c'. Pourvu que la tache T soit au même endroit sur

(1) Ce cliché est extrait du *Radium*, t. VI, 1909, p. 4.

le verre, on observe le faisceau de M. J. Becquerel également dévié dans les deux cas, bien que la valeur du champ magnétique au voisinage de c' ait décru considérablement.

On peut même constater que la déviation du faisceau de M. J. Becquerel *ne change pas de sens, même quand on change le sens du champ magnétique dans lequel il se trouve,* pourvu que la tache T reste à la même place. A cet effet, à l'aide de deux aimants, ou mieux de deux électro-aimants, on crée dans la région BD du tube un champ magnétique, de direction perpendiculaire à la droite $c\varpi$ et qui répond aux conditions suivantes : il est d'un certain sens entre c et a', et du sens contraire entre a' et ϖ; en outre, on s'arrange, par tâtonnements, de manière que le déplacement *total* du faisceau cathodique émis par la cathode c et qui donne la tache T soit du même côté que si le champ entre c et a' existait seul. Dans ces conditions, le faisceau de M. J. Becquerel, étant dans un champ de sens inverse à celui dans lequel sont les rayons cathodiques émis par c dans la même direction, devrait être dévié du même côté que ces derniers s'il était formé d'électrons positifs. L'expérience montre le contraire : le faisceau précédent est, dans le tube D, par rapport à la droite $cc'\varpi$, du côté opposé à celui de la tache T.

Ces observations amènent donc à la conclusion suivante : la déviation du faisceau de M. J. Becquerel n'est pas due directement au champ, mais *n'est que la conséquence du déplacement de la tache* T *quand un champ magnétique agit sur les rayons cathodiques émis par la cathode c.*

Ce fait s'éclaircit si l'on se rappelle certaines expériences de M. Villard qui l'ont conduit à énoncer la règle suivante (¹) : Quand un faisceau cathodique frappe un obstacle, par exemple la paroi d'un tube, « un nouvel afflux se forme et arrive à la cathode comme partant du point frappé par les rayons cathodiques ». Dans le tube de M. J. Becquerel, outre l'afflux venant de toute la surface de l'ampoule B et qui fournit le faisceau-canal qui sort de c' dans le sens $c'\varpi$ et qui est à peu près fixe, il se fait un second afflux qui part de la tache T, se dirige vers la cathode c' qui en est très voisine et dont le prolongement dans le tube D fournit le faisceau de M. J. Becquerel. Cette explication est d'accord avec les faits observés et, en particulier, avec la couleur caractéristique jaune orangé du verre rencontré par le faisceau précédent. M. J. Becquerel avait d'ailleurs pensé à cette explication; mais

(¹) P. Villard, *Les Rayons cathodiques,* 1re édition, p. 97. *Collection Scientia.* Gauthier-Villars.

il l'avait rejetée comme inexacte [1], partant de l'idée préconçue que le le faisceau-canal provenant de *c* était nécessaire pour la formation du faisceau déviable.

En résumé, *le faisceau déviable*, attribué par M. J. Becquerel à des électrons positifs, *est un faisceau-canal*, produit dans des conditions qui diffèrent de celles dans lesquelles on se place d'habitude pour produire les rayons-canaux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le poids atomique du potassium.* Note de **M. G.-D. Hinrichs**, présentée par M. G. Lemoine.

Exprimés dans notre unité ($\frac{1}{12}$C, diamant), et en admettant qu'on a rigoureusement $C = 12$ pour $O = 16$, les poids atomiques des éléments sont généralement des nombres entiers; pour quelques-uns, il faut ajouter la fraction $\frac{1}{2}$; je n'ai pas encore trouvé la fraction $\frac{1}{4}$, mais il y a un cas, celui du potassium, pour lequel la fraction à ajouter est $\frac{1}{8}$. Le poids atomique de l'hydrogène est l'unité augmentée du poids atomique du pantogène (*Comptes rendus*, 2 novembre 1908). L'argent, d'après M. Richards, serait 107,88 ou bien $108 - \frac{1}{8}$ (*Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 972); mais c'est seulement une apparence [2] (*Comptes rendus*, 14 décembre 1908, p. 1303). Donnons la démonstration directe pour le potassium.

Le potassium, $K = 39\frac{1}{8} = 39,125$. — L'opération employée tout récemment par M. V. Lenher (*Journal Am. Chem. Soc.*, janvier 1909, p. 20-24) pour déterminer le poids atomique du tellure se fait en chauffant du bromotellurate dans un courant de chlore. Pour les valeurs absolues : K $39\frac{1}{8}$, Cl $35\frac{1}{2}$, Br 80 et Te [3] $127\frac{1}{2}$, le rapport atomique est

$$R = \frac{2\,KCl}{K^2TeBr^6} = \frac{149,250}{685,750} = 0,21764.$$

Les variations Δ de ce rapport pour l'accroissement de 0,1 du poids atomique sont pour : K, +23; Cl, +29; Br, −19; Te, −3. Vu la petitesse de ΔTe, cette opération

---

(1) *Le Radium*, t. V, juillet 1908, p. 198, § 1.

(2) Pour l'argent, M. Hinrichs arrive encore à cette conclusion en appliquant sa même méthode de discussion aux déterminations toutes récentes de M. Richards, faites dans le laboratoire de l'Université de Berlin (*Journal Amer. Soc.*, janvier 1909), par les rapports de AzH^4Cl et de AgCl. Au lieu de la valeur 107,88 donnée par M. Richards, M. Hinrichs trouve ainsi 107,98.

(3) Hinrichs, *Moniteur scientifique*, 1908, p. 158.

ne permettra pas [1] la détermination de Te avec précision; mais cette même circonstance rend l'opération très exacte pour la détermination des poids atomiques des trois autres éléments, surtout parce que leurs variations sont aussi à peu près de même grandeur (24).

M. Lenher a fait seize déterminations très concordantes dont le rapport analytique moyen est 0,21760. Donc l'excès analytique est — 4, soit — 1 pour chacun des quatre éléments en première approximation. Cela donnera les écarts moyens des Δ, pour : K, — 0,004; Cl, — 0,003; Br, + 0,005; Te, + 0,033.

Les valeurs absolues sont donc confirmées avec une précision de ±0,005 pour les éléments K, Cl, Br. On voit aussi que la précision pour Te n'est que $\frac{1}{30}$ de l'unité, comme nous l'avons prévu. En définitive, le vrai poids atomique du potassium est donc $39\frac{1}{8}$ exactement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions colorées des corps indoliques avec les sucres.* Note de M. **Julius Gnezda**, présentée par M. Armand Gautier.

On chauffe jusqu'à vive ébullition 10^{cm^3} d'une solution aqueuse concentrée de glucose, on ajoute 2 gouttes de lessive de soude, et aussitôt 6^{mg} à 10^{mg} d'α-méthylindol sec. Après avoir bien réparti le méthylindol, de manière qu'il ne reste pas de gouttelettes huileuses en suspension, on attend 2 minutes et l'on refroidit brusquement. On ajoute alors 2 gouttes d'acide chlorhydrique fumant D = 1,12 (il est absolument nécessaire d'employer l'acide à ce titre), et quand le liquide est devenu pâle, on ajoute encore 3^{cm^3} de cet acide, ou *un peu* plus.

L'opération fournit un précipité de belle couleur verte; on le recueille sur un filtre, on lave à l'eau et on le sèche dans le vide. Ce précipité est formé de deux corps verts lorsqu'on a opéré soigneusement et, en plus, d'une résine si l'on a pris trop d'acide chlorhydrique. Toutes les tentatives pour réaliser un fractionnement parfait du mélange et obtenir un corps à point de fusion net sont restées vaines : la fraction la plus pure obtenue ne montre pas un point de fusion net, et suinte seulement vers 72°; elle est carbonisée à 80°. Le nouveau corps est décomposé par les alcools éthylique et amylique, l'acétone et le chloroforme, qui le dissolvent en rouge; l'éther le dissout en brun.

Pour les besoins analytiques usuels, cette réaction ne possède aucune valeur, mais je lui attribue de l'importance au point de vue de la chimie de la chlorophylle.

Le Tableau suivant indique les réactions des diverses espèces de sucres avec l'α-méthylindol; il montre que, si l'on fait agir l'acide chlorhy-

---

[1] Cette application des variations Δ est déjà établie dans mes *Absolute atomic Weights*, 1901.

drique sur le liquide *chaud* (85° au moins), on obtient des résultats différents de ceux obtenus à froid.

	Sucres examinés.	Précipités formés à froid.	Précipités formés à chaud.
Pentoses	1. Xylose	Précipité vert	Précipité rouge Bordeaux
	1. Arabinose	» vert	» rouge
Méthylpentose :	Rhamnose	» vert	» vert
Hexoses	Glucose	» vert	» vert
	Mannose	» vert	» brun
	Galactose	» vert	» vert
	Fructose	» vert	» vert
	Ganbose	» vert	» rouge
	Glucosoxime (chlorhydrate)	» rouge	» rouge
Bihexoses	Maltose	» vert	» violet gris
	Lactose	» vert	» vert
	Saccharose	Pas de précipité	Pas de précipité
Trihexose :	Raffinose	Pas de précipité	Pas de précipité
Cyclose :	Inosite	Pas de précipité	Pas de précipité
Glucoside :	Amygdaline	Pas de précipité	Pas de précipité

Il résulte de ce Tableau que tous les sucres qui possèdent le groupement — CHO (ou un groupe cétonique qui, après l'addition d'alcali, est transformé en — CHO) donnent la réaction : le groupe — CHO réagit sur le groupement méthinique $\equiv$ CH de 2^{mol} d'α-méthylindol.

Il faut remarquer que le formaldéhyde libre ne donne pas la réaction; d'autre part deux sucres tels que le glucose et l'arabinose, par exemple, peuvent se comporter différemment dans la réaction faite à chaud : il en résulte que la réaction n'est pas due seulement au groupe —CHO, ou à la coexistence de ce groupe avec le groupement terminal $-CH^2OH$ qui est le même dans le glucose et l'arabinose. Il faut en conclure que les 3 ou 4 groupements intermédiaires —CH.OH— restent, dans le produit de la réaction, liés au groupe —CHO.

Les produits avancés de l'action des alcalis sur les sucres, ou les produits d'oxydation (acide lactique, acide glycolique, pyrocatéchine, acide gluconique) ne donnent pas la réaction.

Si au lieu de l'α-méthylindol on emploie les autres corps indoliques, on observe, en agissant sur le glucose en solution *chaude,* des rapports intéressants entre les trois dérivés méthylés de l'indol. Le *n*-méthylindol donne un précipité bleu azur, l'α-méthylindol un précipité vert, et le β-méthylindol (skatol) un précipité brun. On pourra utiliser cette constatation pour trouver, en s'appuyant sur les longueurs d'onde de la lumière, la distance

absolue du groupe méthyle au châmon =AzH du noyau pyrrolique des corps indoliques.

Dans les conditions décrites, l'indol lui-même donne, avec le glucose, une coloration brune, sans précipité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides chloraliques*. Note de M. **Hanriot**, présentée par M. A. Gautier.

Dans des Notes précédentes ([1]), j'ai décrit sous le nom de *chloraloses* les combinaisons du chloral avec les divers sucres que j'ai pu me procurer (dextrose, galactose, mannose, arabinose, xylose, lévulose) et montré que ces composés répondaient aux formules telles que les suivantes :

```
        CCl³                                    CCl³
         |                                       |
         CH                                      CH
        /  \                                    /  \
       /    \                                  /    \
      O      C.OH — CH.OH — CH²OH,            O      C.OH — CH²OH.
      |      |                                |      |
   OH.CH     CH                            OH.CH     CH
       \    / \                                \    / \
        \  /   \                                \  /   \
         CH ——— O                                CH ——— O
```

J'ai, de plus, montré qu'il se forme dans la réaction deux composés isomériques différant par les positions relatives des radicaux H et OH provenant du groupe aldéhydique du sucre, isomères que j'ai pu isoler dans la plupart des cas.

En soumettant ces composés à l'oxydation au moyen de divers agents, j'ai obtenu les acides chloraliques, dont je décris ici sommairement les propriétés.

Deux modes de préparation ont été employés.

Dans le premier, je chauffais une solution aqueuse de chloralose avec de l'acide sulfurique et du permanganate de potassium, puis j'extrayais l'acide formé en le dissolvant dans l'éther.

Dans le deuxième, j'oxydais le chloralose en le chauffant au bain-marie avec de

([1]) *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 63; t. CXVII, p. 734; t. CXX, p. 153; t. CXXII, p. 1127.

l'acide nitrique de densité 1,2. Il se dégage du bioxyde d'azote mêlé d'un peu d'acide carbonique, et le produit de la réaction, évaporé à sec, était redissous dans l'éther.

Quant à la purification du produit, elle se fait toujours de la même façon; l'éther est agité avec de la soude étendue qui s'empare de l'acide, puis on décante l'éther. La solution sodique, décomposée par l'acide sulfurique, puis agitée à nouveau avec de l'éther, lui cède de l'acide que quelques cristallisations amènent à l'état de pureté.

Les acides ainsi obtenus renferment encore des oxhydriles alcooliques; ceux-ci ne sont pas éthérifiables. Quand on traite les acides chloraliques par le chlorure d'acétyle et le chlorure de zinc dans les mêmes conditions où les chloraloses auraient donné des éthers acétiques, ils se convertissent en lactones renfermant une molécule d'eau en moins et dépourvues de propriétés acides. A la longue, ces lactones, laissées en contact avec les alcalis, s'hydratent à nouveau en se transformant en sels de l'acide correspondant. Je décrirai très sommairement ici les caractéristiques de ces acides, dont je donnerai dans un autre Mémoire les propriétés détaillées.

Acide α-glucochloralique $C^7H^7Cl^3O^6$. — Fines aiguilles anhydres, fusibles à 212°, donnant un sel de sodium aisément soluble. Traité par le chlorure d'acétyle, il ne donne pas de lactone.

Acide β-glucochloralique $C^7H^7Cl^3O^6, 2H^2O$. — Grandes tables rhombiques s'effleurissant au contact de l'air. Le sel sodique cristallise en aiguilles nacrées fort peu solubles dans l'eau. La lactone $C^7H^5Cl^3O^5$ fond à 185°.

Acide β-galactochloralique $C^7H^7Cl^3O^6$. — Cristaux anhydres, fusibles à 307°, moins soluble que les précédents; sa lactone $C^7H^5Cl^3O^5$ fond à 130°.

Lactone mannochloralique $C^8H^7Cl^3O^6$. — Lamelles cristallines fusibles à 242°, presque insolubles dans les divers dissolvants neutres.

Ce corps se dissout lentement dans l'ammoniaque en donnant le sel ammoniacal de l'acide mannochloralique, mais, quand on reprécipite celui-ci de son sel, il se convertit en lactone par simple dessiccation.

Acide α-arabinochloralique $C^7H^7Cl^3O^6$. — Aiguilles peu solubles fusibles à 320°, ne forme pas de lactone.

Acide β-arabinochloralique $C^7H^7Cl^3O^6$. — Petits cristaux brillants anhydres, fusibles à 307°, donnant aisément une lactone $C^7H^5Cl^3O^5$ fusible à 130°.

Acide β-xylochloralique $C^7H^7Cl^3O^6, 2H^2O$. — Grandes tables efflorescentes, donnant un sel de sodium presque insoluble, cristallisant en lamelles nacrées. Il fond à 202°. Sa lactone fond à 183°.

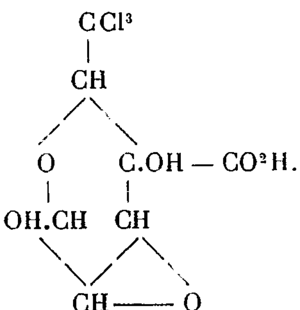
Des faits qui précèdent nous pouvons tirer quelques conclusions :

1° Seul le mannose fournit un produit d'oxydation en C^8 et qui est une lactone. Il semble que la formation directe de cette lactone ait protégé la chaîne latérale contre une oxydation ultérieure.

2° Tous les autres chloraloses se transforment par oxydation en un acide

chloralique en C^7, que le sucre dont ils dérivent soit un hexose ou un pentose. Il s'ensuit que, dans le cas des hexochloraloses, un atome de carbone se dégage à l'état de CO^2.

Or, si nous nous reportons aux formules des chloraloses que j'ai rappelées en tête de cette Note, nous voyons que les acides chloraliques doivent avoir comme constitution



3° Les acides β-glucochloralique et xylochloralique sont identiques entre eux; il en est de même des acides galactochloralique et β-arabinochloralique.

Dans une prochaine Note, je me propose de montrer les conséquences qu'on peut déduire de cette identité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen des dérivés organo-métalliques mixtes du zinc. Méthode de préparation des acides cétoniques et des dicétones.* Note de MM. E. **Blaise** et A. **Kœhler**, présentée par M. Haller.

Il n'existe pas, jusqu'ici, pour la préparation des acides cétoniques et des dicétones, de méthode générale indépendante, à partir d'un certain terme, du nombre d'atomes de carbone compris entre les groupements fonctionnels. Nous proposant précisément d'étudier les acides cétoniques et les dicétones d'une manière systématique, au point de vue spécial des réactions de cyclisation dont ces corps sont susceptibles, nous avons d'abord cherché une méthode permettant d'obtenir avec facilité les matières premières qui nous étaient nécessaires. Ce résultat a été très facilement atteint par l'emploi des dérivés organo-métalliques mixtes du zinc.

Le principe de la préparation des acides cétoniques a été déjà indiqué antérieurement par l'un de nous. Il consiste à partir d'un acide bibasique et à le transformer d'abord en éther-acide. Celui-ci est, à son tour, transformé

en chlorure-éther dont l'action sur un dérivé organo-métallique mixte du zinc conduit à un acide cétonique :

$$CO^2H-(CH^2)^n-CO^2H \rightarrow CO^2C^2H^5-(CH^2)^n-CO^2H \rightarrow CO^2C^2H^5-(CH^2)^n-COCl,$$

$$CO^2C^2H^5-(CH^2)^n-COCl+R-Zn-I=ZnICl+CO^2C^2H^5-(CH^2)^n-CO-R.$$

Les éthers-acides des séries succinique et glutarique se forment quantitativement en faisant réagir les anhydrides correspondants sur l'éthylate de sodium. Mais, pour les acides bibasiques des séries homologues, on rencontre plus de difficultés. Cependant, on peut obtenir un rendement de 50 pour 100 en mélangeant l'éther neutre, en léger excès, avec de l'éthylate de sodium en solution alcoolique et ajoutant ensuite la quantité d'eau théoriquement nécessaire à la saponification partielle. Les conditions exactes à observer seront détaillées dans un Mémoire ultérieur. On remarquera, d'ailleurs, que ce procédé ne comporte aucune perte, l'acide bibasique mis en œuvre étant retrouvé intégralement, sous forme d'éther acide, d'éther neutre et d'acide libre.

Depuis le terme adipique, les éthers-acides sont des corps solides, à point de fusion peu élevé, bouillant très bien et sans aucune altération dans le vide. On sait, au contraire, que les éthers-acides des séries succinique et glutarique donnent, dans ces conditions, l'acide (ou anhydride) et l'éther neutre correspondants.

Le meilleur agent à employer pour transformer les éthers-acides en chlorures-éthers est le chlorure de thionyle. La réaction s'effectue très aisément au bain-marie et elle donne un rendement sensiblement théorique. Ces chlorures-éthers sont liquides et bouillent, dans un bon vide, sans altération notable, depuis le terme adipique. Leur condensation avec les dérivés organo-métalliques mixtes du zinc conduit aux éthers-sels des acides cétoniques correspondants. Les rendements obtenus sont excellents et varient de 80 à 95 pour 100. Nous avons expérimenté la méthode depuis les acides γ jusqu'aux acides ε-cétoniques, et il n'est guère douteux qu'elle donnerait d'aussi bons résultats bien au delà de ce terme. Par contre, le chlorure d'éthoxalyle et le chlorure-éther malonique donnent des réactions plus complexes sur lesquelles nous reviendrons dans la suite.

Parmi les acides cétoniques obtenus, nous mentionnerons les suivants : heptanone-6-oïque-1, f. : 31°-32°; octanone-6-oïque-1, f. : 52°; nonanone-7-oïque-1, f. : 42°; décanone-8-oïque-1, f. : 64°; octanone-4-oïque-1, f. : 53°.

Si, partant des dichlorures des acides bibasiques, on les fait réagir sur les dérivés organo-métalliques mixtes du zinc, on obtient, sans plus de difficulté, les dicétones symétriques correspondantes :

$$COCl-(CH^2)^n-COCl+2R-Zn-I=2ZnICl+R-CO-(CH^2)^n-CO-R.$$

Il y a grand intérêt, dans ce cas, à préparer les chlorures d'acides au moyen du chlorure de thionyle, car, si l'on emploie le pentachlorure de

phosphore, celui-ci détermine toujours une chloruration partielle de la chaîne carbonée.

Il est assez remarquable que le chlorure d'adipyle ne bout pas complètement sans décomposition dans le vide, tandis que ses homologues distillent sans aucune altération sensible. Ce fait est dû probablement à la tendance à la cyclisation que manifestent les dérivés en position adipique.

La condensation des dichlorures avec les dérivés organo-métalliques mixtes du zinc donnent des rendements qui varient de 75 à 90 pour 100. La méthode est applicable depuis les acides de la série adipique, et nous l'avons expérimentée jusqu'à l'acide azélaïque. Pour les séries succinique et glutarique, elle ne peut être employée, car, dans ce cas, les chlorures se comportent comme s'ils répondaient à peu près exclusivement à la forme dissymétrique, et l'on obtient, comme produit principal, des lactones γ et δ.

Toutes les dicétones que nous avons obtenues sont des corps solides à point de fusion peu élevé, cristallisant en larges feuillets dans l'éther de pétrole léger. Nous mentionnerons la décanedione-3.8, f.: 62°; l'undécanedione-3.9, f.: 68°; la décanedione-2.9; f.: 64°; la dodécanedione-3.10, f.: 72°; et enfin l'undécanedione-2.10.

L'étude systématique de la cyclisation des acides cétoniques et des dicétones sera développée dans des Mémoires ultérieurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de dérivés indazyliques au moyen des hydrazoïques orthocétoniques.* Note de M. **P. Carré**, présentée par M. A. Haller.

M. P. Freundler (¹) a montré que les hydrazoïques renfermant un groupement aldéhydique en position ortho se transforment en dérivés indazyliques avec la plus grande facilité. Il était intéressant de vérifier que les dérivés indazyliques peuvent aussi s'obtenir au moyen des hydrazoïques orthocétoniques, suivant l'équation

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO - R\\ NH - NH - R'\end{matrix}\right. = H^2O + C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C - R\\ |\\ N\end{matrix}\right\rangle N - R'.$$

Malheureusement, les hydrazoïques et les azoïques orthocétoniques ne peuvent se préparer par les méthodes générales.

(¹) P. Freundler, *Comptes rendus*, t. CXXXVII, p. 982.

C'est ainsi que la réduction de l'orthonitroacétophénone par la soude alcoolique et la poudre de zinc ne fournit pas d'hydrazoïque ni de dérivé indazylique (Freundler) (1).

Dans le cas de l'orthonitrobenzophénone il se produit bien une trace d'un composé qui présente les caractères des dérivés indazyliques, mais le produit principal de la réaction est constitué presque uniquement par l'orthoaminobenzophénone. A côté de cette dernière il se produit aussi une faible quantité d'orthohydrazodiphénylméthane et de diphénylméthane-orthohydrazobenzhydrol que je n'ai pu réussir à séparer, mais qui ont été caractérisés : le premier, par sa transformation benzidinique en dibenzyl-2-2'-diamino-4-4'-diphényle déjà décrit (2); le second, par l'action des acides qui dégage de l'aldéhyde benzoïque et fournit le benzyl-2-diamino-4-4'-diphényle. Quant au dérivé indazylique, il se forme en trop faible proportion pour pouvoir être étudié.

La préparation des azoïques orthocétoniques par condensation des cétones ortho-aminées avec les dérivés nitrosés ne réussit pas davantage. Ainsi, la benzène-orthoazobenzophénone ne peut être obtenue par condensation du nitrosobenzène avec l'orthoaminobenzophénone. Le benzène-orthoazodiphénylméthane, qui par oxydation se transformerait facilement en benzène-orthoazobenzophénone, ne se forme pas non plus à partir de l'orthoaminodiphénylméthane et du nitrosobenzène.

J'ai cependant réussi à préparer un azoïque orthocétonique, l'ortho-azobenzophénone

$$C^6H^5-OC\!\!\bigcirc\!\!-N=N-\!\!\bigcirc\!\!CO-C^6H^5,$$

par oxydation, au moyen de l'acide chromique, de l'orthoazodiphénylméthane précédemment décrit (2). La réduction de ce composé par le sulfhydrate d'ammonium ne fournit pas l'hydrazoïque correspondant, mais conduit au N-benzophénone-*c*-phénylindazol

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C-C^6H^5\\ |\\ N\end{matrix}\right\rangle N-C^6H^4-CO-C^6H^5,$$

ce qui vérifie les prévisions ci-dessus.

(1) P. Freundler, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXI, p. 866.
(2) P. Carré, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 102.

Réduction alcaline de l'orthonitrobenzophénone. — Le produit brut, qui provient de la réduction de l'orthonitrobenzophénone par la soude alcoolique et la poudre de zinc, est repris, à froid, par l'acide chlorhydrique au vingtième qui enlève l'orthoaminobenzophénone. Le résidu insoluble, traité par l'acide chlorhydrique dilué de son volume d'eau, à chaud, se dissout entièrement, en même temps qu'il se forme de l'aldéhyde benzoïque; ce dernier est entraîné par la vapeur d'eau et caractérisé par sa phénylhydrazone. La liqueur acide abandonne par dilution une très petite quantité d'une substance blanche qui présente les caractères des dérivés indazyliques. La solution diluée et filtrée, précipitée par l'ammoniaque, fournit un mélange de dibenzyl-2-2′-diamino-4-4′-diphényle et de benzyl-2-diamino-4-4′-diphényle dans lequel domine ce dernier; on sépare ces deux composés en profitant de ce que le premier est plus soluble que le second dans l'alcool, ou encore de ce que les sels du second sont plus solubles dans l'eau que ceux du premier.

L'orthoaminobenzophénone $C^6H^4(CO - C^6H^5)_1(NH^2)_2$, obtenue tout d'abord par Geigy et Königs [1], cristallise dans l'alcool en gros prismes fusibles à 110°-111° (Geigy et Königs indiquent 105°-106°). Elle réagit sur l'isosulfocyanate de phényle pour donner la *phényl-1-orthobenzophénone-2-thiourée*

$$C^6H^5 - NH - CS - NH - C^6H^4 - CO - C^6H^5,$$

poudre cristalline blanche, fusible à 156°-157°, très soluble dans l'alcool, assez soluble dans l'éther.

Le *benzyl-2-diamino-4-4′-diphényle* $(NH^2)_4 C^6H^4 - C^6H^3(CH^2 - C^6H^5)_2(NH^2)_4$ cristallise dans l'alcool en petits prismes blancs fusibles à 209°, assez solubles dans le chloroforme et dans l'acétone, peu solubles dans l'alcool.

Son *chlorhydrate* $C^{19}H^{18}N^2, 2HCl$, se dépose de sa solution dans l'eau chlorhydrique en petits cristaux blancs qui fondent en se décomposant vers 200°.

Le *sulfate* $C^{19}H^{18}N^2, SO^4H^2$ forme aussi de petits cristaux blancs qui commencent à noircir vers 250° et se décomposent sans fondre au-dessus de 300°. Ces sels sont dissociés par l'eau. Ils sont plus solubles que les sels correspondants du dibenzyl-2-2′-diamino-4-4′-diphényle.

Préparation du N-*orthobenzophénone*-C-*phénylindazol.* — L'orthoazodiphénylméthane est oxydé par l'acide chromique en solution acétique, à la température de 60°-80°. *L'orthoazobenzophénone* formée est purifiée par lavage à l'éther, dans lequel elle est presque insoluble, et par cristallisation dans l'acide acétique. Elle se présente en beaux cristaux d'un rouge orangé, fusibles à 201°-202°, assez solubles dans l'acide acétique chaud et dans le chloroforme, presques insolubles dans les autres solvants usuels. Cette orthoazobenzophénone est ensuite réduite par le sulfhydrate d'ammonium, en solution alcoolique. Le produit brut de la réduction est traité par l'oxyde de mercure, afin de régénérer le groupement cétonique partiellement transformé en dérivé sulfuré. Il est purifié par dissolution dans l'acide chlorhydrique dilué de son volume d'eau, précipitation par l'eau et cristallisation dans l'alcool.

Le N-*orthobenzophénone*-C-*phénylindazol* obtenu se présente en cristaux blancs

(1) GEIGY et KÖNIGS, *D. chem. G.*, t. XVIII, p. 2403.

fusibles à 134°-135°, assez solubles dans les solvants usuels. Oxydé par l'acide chromique en solution acétique, il régénère quantitativement l'orthoazobenzophénone.

En résumé, la réduction de l'orthonitrobenzophénone par la soude alcoolique et la poudre de zinc, qui fournit principalement de l'orthoaminobenzophénone, nous donne un nouvel exemple de l'influence des groupements ortho-substitués sur la réduction alcaline des dérivés nitrés. Dans ce cas, la réaction se complique en outre de la réduction partielle du groupement cétonique dans les groupements CHOH et CH^2.

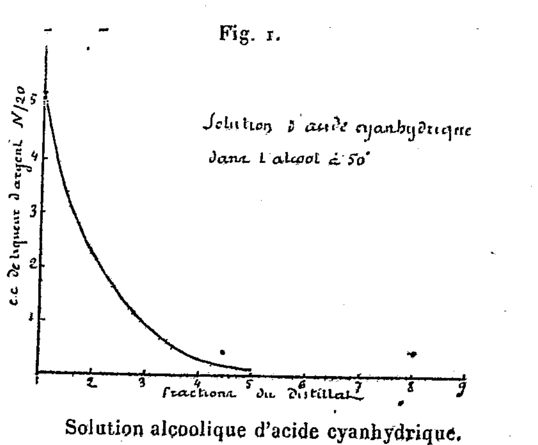
De plus l'obtention du N-orthobenzophénone-C-phénylindazol par réduction de l'orthoazobenzophénone indique que les hydrazoïques orthocétoniques, de même que les hydrazoïques orthoaldéhydiques, se transforment facilement en dérivés indazyliques.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la nature des composés cyanés des kirschs.* Note de MM. **X. Rocques** et **L. Lévy**, présentée par M. Müntz.

Au cours de recherches sur l'analyse des kirschs et, en particulier, sur le dosage de l'acide cyanhydrique, nous avons eu l'occasion d'observer certaines anomalies qui nous ont conduits à rechercher sous quelle forme l'acide cyanhydrique existait dans ce spiritueux.

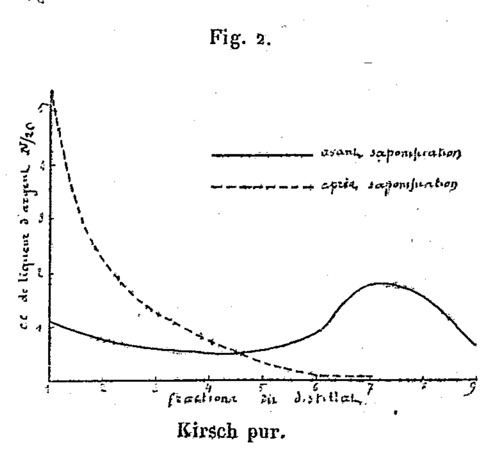
Nous avons opéré sur des kirschs authentiques de fabrication toute récente et de fabrication ancienne, ainsi que sur des solutions d'acide cyanhydrique dans l'alcool à 50°.

Fig. 1.



Solution alcoolique d'acide cyanhydrique.

Fig. 2.



Kirsch pur.

Nous avons suivi le mode opératoire suivant : les liquides mis en œuvre ont été distillés : 1° directement; 2° après une saponification effectuée en chauffant, pendant

1 heure, au réfrigérant à reflux, 1l de kirsch additionné de lessive de soude. Le liquide était refroidi, puis rendu légèrement acide par une addition d'acide sulfurique.

La distillation opérée sur 1l de liquide a toujours été conduite dans les mêmes conditions de durée, et nous avons recueilli 9 fractions de 100cm³ chacune.

Dans chacune de ces fractions, nous avons effectué le titrage volumétrique de l'acide cyanhydrique au moyen du nitrate d'argent $\frac{1}{20}$ N, en opérant en solution ammoniacale en présence d'iodure de potassium.

Nous donnons dans le Tableau suivant le résultat de ces essais, exprimés en centimètres cubes de nitrate d'argent $\frac{1}{20}$ N (dont on a retranché 0cm³,1 nécessaire pour obtenir le trouble d'iodure d'argent indiquant la fin de la réaction).

Fractions.	Durée moyenne de la distillation.	Solutions d'acide cyanhydrique dans l'alcool à 50°.		Kirschs purs à 50° obtenus par distillation récente.		Kirschs purs à 50° ayant 2 ou 3 ans.				
		Récente.	Ancienne.	R.	P.	P.	P_1.	R.	R_1.	R_2.
				1° *Distillation directe.*						
1...	13m	5,20	7,55	7,85	11,40	5,75	4,05	1,10	3,20	1,10
2...	12	2,35	3,50	3,25	5,10	2,90	1,35	0,85	1,95	0,75
3...	11	0,95	1,70	1,40	2,35	1,50	1,20	0,90	1,15	0,60
4...	13	0,30	0,75	0,85	1,35	1,10	0,80	0,65	0,825	0,50
5...	15	0,15	0,25	0,75	0,80	0,90	0,65	0,525	0,775	0,55
6...	20	0	0	0,75	0,60	1,70	0,95	0,975	1,00	0,85
7...	30	0	0	0,60	0,15	1,15	1,20	1,10	1,30	1,80
8...	35	0	0	0,40	0,15	1,25	1,85	0,55	0,65	1,60
9...	45	0	0	0,15	0,10	1,00	1,20	0,15	0,25	0,70
Totaux.....		8,95	13,75	15,95	22,00	17,25	13,05	6,80	11,20	8,45
				2° *Distillation après saponification.*						
1...	13	"	"	8,05	9,55	8,0	4,60	3,10	4,70	5,35
2...	12	"	"	3,65	4,55	4,20	2,85	1,75	2,86	2,25
3...	11	"	"	2,35	2,15	2,50	1,75	0,85	1,45	1,23
4...	13	"	"	0,60	1,30	1,50	1,35	0,35	0,75	0,77
5...	15	"	"	0,45	0,60	0,80	1,20	0,30	0,45	0,55
6...	20	"	"	0,40	0,75	0,50	1,15	0,30	0,25	0,50
7...	30	"	"	0,40	0,50	0	0,15	0,10	0,15	0,40
8...	35	"	"	0,30	0,20	0	0,60	0	0	0,20
9...	45	"	"	0,25	0,25	0	0,20	0	0	0,25
			Totaux......	17,45	19,85	17,50	14,95	6,75	10,55	11,20

Les graphiques ont été tracés en prenant comme abscisses les nombres des fractionnements et, comme ordonnées, les centimètres cubes de liqueur d'argent $\frac{1}{20}$ N.

On peut déduire de l'examen de ces résultats :

1° Qu'une solution récente ou ancienne d'acide cyanhydrique dans l'alcool à 50° distille rapidement selon une courbe continue et que l'acide cyanhydrique passe totalement dans les cinq premières fractions;

2° Que, dans les kirschs vieux de 2 ou 3 ans, la courbe de distillation diffère beaucoup de la courbe de distillation d'une solution d'acide cyanhydrique; la courbe s'abaisse progressivement jusque vers la 5e fraction, puis elle remonte et atteint un maximum vers la 7e fraction;

3° Que, dans les kirschs fraîchement distillés, la courbe diffère aussi de celle d'une solution d'acide cyanhydrique, puisque la 9e fraction renferme encore une petite quantité de cet acide; mais les maxima observés dans les kirschs âgés sont remplacés par une partie de la courbe sensiblement parallèle à l'axe des abscisses;

4° Qu'après saponification des kirschs la courbe de distillation se rapproche de celle d'une solution d'acide cyanhydrique, sans toutefois lui être entièrement semblable; dans tous les cas, la partie maximum de la fin de la courbe disparaît.

Nous avons également observé que les dernières fractions provenant de la distillation directe des kirschs et qui correspondent aux maxima de la fin des courbes ont une odeur particulière rappelant celle de la farine de lin chauffée avec de l'eau. On n'observe pas cette odeur dans les fractions correspondantes obtenues par distillation des kirschs préalablement saponifiés; mais, dans ces derniers, le liquide distillé renferme des matières grasses qui passent vers la fin de la distillation.

En résumé, il nous paraît nettement ressortir de ces expériences que l'acide cyanhydrique n'existe que partiellement à l'état libre dans les kirschs vieux de 2 à 3 ans et qu'une portion notable de cet acide est en combinaison avec des dérivés gras à poids moléculaire élevé.

Nous nous proposons de poursuivre ces recherches pour déterminer la nature de ces combinaisons, ainsi que leur influence sur le vieillissement et la qualité des kirschs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Coagulation du lait cru par la présure du Papayer* (Carica Papaya *L.*). Note de M. C. **Gerber**, présentée par M. Guignard.

Les recherches que nous poursuivons depuis quelque temps sur la présure du Papayer contenue dans la papayotine Merck nous ont conduit aux résultats suivants :

Ce ferment possède à l'égard des hautes températures une résistance aussi forte que celle qui a été signalée pour la diastase protéolytique du même végétal par MM. Delezenne, Mouton et Pozerski; cette résistance est supérieure à celle que nous avons observée pour le suc présurant du Mûrier de Chine ([1]) et différencie nettement l'action présurante de la papayotine de celles de la présure Hansen et de la pepsine.

A l'inverse encore de ces deux dernières, la présure du Papayer caséifie le lait à 0°, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter du chlorure de calcium.

Quelle que soit la température à laquelle se fait la caséification, il est habituel d'observer, avec la papayotine, une dérogation à la loi de proportionnalité inverse.

Si l'on opère sur le lait bouilli avec lequel il est assez facile d'obtenir de longues coagulations, on peut remarquer que celles-ci, aux basses températures, se font plus lentement que ne l'exigerait la loi de Segelcke et Storch; au contraire, aux températures moyennes, les produits des doses présurantes par les temps de coagulation sont d'autant plus faibles que ces derniers sont plus longs. Quand on atteint des températures très élevées (70° à 100°), un nouveau facteur entre en jeu : la destruction progressive du ferment par la température, qui vient en quelque sorte régulariser la marche du phénomène et le soumettre à la loi de constance du produit du temps par la masse agissante.

Si, au contraire, on opère sur du lait cru, on remarque, dès l'abord, que seules réussissent bien les coagulations rapides. Celles-ci dérogent d'ailleurs constamment à la loi de Segelcke et Storch et dans le même sens que pour le lait bouilli. Tous ces faits ressortent très nettement, d'ailleurs, de

([1]) C. Gerber, *La loi de proportionnalité inverse et les présures végétales aux températures élevées.* (*Réunion biologique de Marseille*, séance du 15 décembre 1908.)

l'examen du Tableau suivant :

Doses de présure ajoutées à 5cm³ de lait.	Durée de la coagulation aux températures et avec les solutions présurantes suivantes : 5° P/1.		10° P/1,50.	20° P/4,20.	30° P/7,50.	40° P/15.		50° P/30.	60° P/60.	70° P/110.
cm³	Pr.	m s	m s	m s	m s	Pr.	m s	m s	m s	m s
0,64...	21,38	33.25	51.40	9.10	5	4,16	3.15	6	5.30	1.45
0,32...	28,05	87.40	157	16.25	9.35	3,68	5.45	16.05	17.40	3.15
0,16...	73,60	460	(1)	32.05	18.45	3,33	10.25	(1)	(1)	12.45
0,08...		(1)	»	84	108	5,73	34.35	»	»	(1)
0,04...		»	»	(1)	(1)	34,40	430	»	»	»
0,02...		»	»	»	»		(1)	»	»	»

Nous avons été frappé par les irrégularités si marquées que présentent les chiffres des séries de ce Tableau, quand on les compare entre elles. Nous avons pensé trouver l'explication de ces anomalies en remarquant que les diverses expériences n'avaient pas été faites aux mêmes heures de la journée et que les dérogations à la loi de proportionnalité étaient d'autant plus accentuées que ces expériences étaient faites plus tardivement. Nous nous sommes demandé s'il ne fallait pas tenir compte du temps qui s'était écoulé entre le moment de la traite du lait et celui de son emprésurement.

Aussi, après nous être astreint à recueillir le lait du pis de la vache avec les plus grands soins de propreté, avons-nous cherché les relations que pouvait présenter la marche de sa coagulation à 40° avec la durée de son séjour à une température constante de 5°. Pour la précision de ces expériences, le lait, aussitôt trait, était réparti en des ballons stérilisés, dont chacun était utilisé pour une seule série.

Dose de papayotine au 1/20 ajoutée à 5cm³ de lait.	Température de chauffe préalable du lait cru. 5° puis, 30 minutes avant l'expérience. 5°.	60°.	78°.	60°.	67°.	72°.	78°.	100°.
	Temps nécessaire à la coagulation : 1 heure après la traite (2).							
cm³	m s			m s	m s	m s	m s	m s
1,44....	3.10	»	»	2.55	3	3	3.15	3.10
0,36....	6.45	»	»	6.50	6.55	6.50	7.05	7
0,12....	24.20	»	»	23.40	27.05	14.25	12.45	13.30
0,04....	310	»	»	295	350	127	30.30	30.15

(1) Pas de coagulation au bout de 600 minutes.

(2) Le lait cru expérimenté 15 minutes après la traite a donné les chiffres suivants : 3 minutes; 6 minutes 30; 13 minutes; 29 minutes.

Dose de papayotine au $\frac{1}{20}$ ajoutée à 5cm³ de lait.	Température de chauffe préalable du lait cru.							
	5° puis, 30 minutes avant l'expérience.							
	5°.	60°.	78°.	60°.	67°.	72°.	78°.	100°.
	4 heures après la traite.							
cm³	m s			m	m s	m s	m s	m s
1,44....	7.30	»	»	7	7.25	6.25	2.50	2.45
0,36....	89	»	»	90	102	68	6.40	6.40
0,12....	(1)	»	»	(1)	(1)	(1)	14.10	14,30
0,04....	»	»	»	»	»	»	40.10	39.20
	8 heures après la traite.							
cm³	m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s
1,44....	7.20	7.10	3	7.05	6.55	6.50	3.10	3
0,36....	86	75	6.50	93	100	70.15	7.15	7.05
0,12....	(1)	(1)	15.30	(1)	(1)	(1)	15.45	15.30
0,04....	»	»	43.30	»	»	»	44.30	43

Ainsi que le montre la colonne 2 du Tableau précédent, nos prévisions ont été parfaitement justifiées. Le lait, au sortir du pis de la vache, se comporte d'une manière assez normale à l'égard de la papayotine, donnant des coagulations longues presque aussi facilement que le lait bouilli. Plus on s'éloigne du moment de la traite, plus la résistance du lait à la présure augmente; au bout de 4 heures, on ne peut plus obtenir que les rapides caséifications dont nous avons parlé plus haut; à partir de ce moment, le lait conserve le degré de résistance qu'il a acquis.

De nouvelles expériences faites avec du lait, soit violemment agité pour rompre les enveloppes des globules gras, soit additionné de 10 molécules-milligrammes de HCl (redissolution du phosphate de chaux), de $CaCl^2$ (compensation de la chaux précipitée à la longue), de NaCl (augmentation du taux de minéralisation), nous ont donné sensiblement les mêmes résultats que précédemment. Il ne reste donc guère à incriminer que les colloïdes lactalbumine et lactoglobuline, comme cause de l'augmentation de résistance du lait cru. C'est pourquoi nous avons recommencé ces expériences sur du lait chauffé, immédiatement après la traite, pendant 30 minutes aux températures de 67°, 72°, 78°, 100°.

Parmi ces laits ainsi chauffés, puis placés à 5°, seuls les deux premiers se comportent comme le lait cru. Quant au lait chauffé à 78° il conserve, tout comme le lait bouilli, une sensibilité assez constante vis-à-vis de l'agent présurant.

(2) Pas de coagulation au bout de 360 minutes.

D'autre part, le lait cru non chauffé qui, au bout de 8 heures, était devenu beaucoup plus résistant à la présure qu'au moment de la traite, ne perd complètement cette résistance que si on le chauffe à 75°-78°.

On comprend facilement combien ces faits, rapprochés de ceux que nous avons signalés autrefois pour la présure du Figuier, éclairent les relations étroites qui existent entre la lactalbumine, la lactoglobuline et les antiprésures du lait cru. D'ailleurs ils se vérifient également avec les présures animales sur lesquelles nous nous proposons de revenir ultérieurement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés nouvelles des oxydases de* Russula Delica. Note de M. **J. Wolff**, présentée par M. Roux.

L'influence favorable ou défavorable que peut exercer dans les actions diastasiques la réaction du milieu est une notion déjà ancienne dans l'histoire des diastases; elle a été bien mise en évidence par les travaux de Kjeldahl [1], Fernbach [2], Maquenne et Roux [3], Bertrand [4]. J'ai apporté moi-même ma contribution à cette étude par ma collaboration avec M. Fernbach [5]. D'autre part, j'ai publié antérieurement le résumé d'expériences relatives au rôle que peuvent jouer certains sels à réaction faiblement alcaline, associés au ferrocyanure de fer colloïdal dans l'oxydation de l'hydroquinone. Je me suis assuré depuis qu'on peut étendre cette action à d'autres composés phénoliques et que ce phénomène a toutes les apparences d'une action diastasique dans laquelle un sel facilement hydrolisable comme le phosphate disodique jouerait le rôle de substance activante ou de co-enzyme, d'une manière analogue au sel de manganèse dans l'action de la laccase (G. Bertrand), aux phosphates dans l'action de la zymase (Harden et Young, Buchner).

Cette considération m'a conduit à examiner, au point de vue de leur réaction, quelques macérations d'oxydases et particulièrement les extraits glycérinés de *Russula Delica* que MM. Gessard et Berthelot ont bien voulu mettre à ma disposition. J'ai pu constater que ces extraits ont, vis-à-vis de

(1) *Medd. f. Carlsberg Labor.*, 1879, p. 148.

(2) A. Fernbach, *Recherches sur la sucrase* (*Ann. de l'Institut Pasteur*, 1889 et 1890); *Recherches sur la saccharification de l'amidon par l'amylase du malt* (*Ann. Brass. et Distil.*, 1899, p. 433). — Fernbach et Hubert, *Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 293.

(3) Maquenne et Eug. Roux, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. IX, p. 199.

(4) G. Bertrand, *Influence des acides sur l'action de la laccase* (*Comptes rendus*, t. CXLV, p. 340).

(5) A. Fernbach et J. Wolff, *Étude sur la saccharification diastasique des empois de fécule* (*Comptes rendus*, t. CXLV, p. 261).

la tyrosine et d'un grand nombre de réactifs nouveaux des oxydases, leur maximum d'activité pour une réaction voisine de la neutralité à la phtaléine (*contrairement à ce qui a lieu pour l'amylase du malt dont l'optimum coïncide avec la neutralité à l'orangé*).

Lorsqu'on s'éloigne de cette neutralité, soit dans un sens, soit dans l'autre, par addition d'alcali ou d'acide sulfurique, certaines réactions ne se font plus que *très difficilement*, surtout dans le cas d'addition d'acide. Pour apprécier la réaction de ces extraits, je me suis servi de divers réactifs colorés, parmi lesquels l'alizarine sulfoconjuguée m'a permis tout d'abord de constater une propriété nouvelle des oxydases de *Russula Delica*, celle d'oxyder très facilement cette matière colorante lorsque la réaction de la liqueur est très voisine de la neutralité à la phtaléine. Cette propriété s'exerce aussi vis-à-vis d'un grand nombre d'autres matières colorantes, parmi lesquelles je citerai divers dérivés solubles d'alizarine, la cochenille, l'hématoxyline, le bleu de quinoline, l'orangé I Poirrier et un grand nombre de matières colorantes présentes dans les fleurs (œillets rouges, violettes, iris, giroflées). *L'orangé II Poirrier* (*isomère de l'orangé I Poirrier*), la fuchsine et ses dérivés, l'hélianthine ne sont pas oxydés. Quelques-unes de ces oxydations peuvent également être obtenues avec la laccase de l'arbre à laque [1] qui oxyde avec la même facilité que l'extrait de Russule l'hématoxyline et le bleu de quinoline; mais il y a d'autres substances que la laccase de l'arbre à laque oxyde plus difficilement, comme l'orangé I, par exemple, et l'orcine et d'autres qu'elle oxyde à peine, ou pas du tout : telles sont les combinaisons solubles de l'alizarine, la cochenille et les matières colorantes des fleurs.

Une expérience curieuse consiste à diviser en deux portions égales une solution de cochenille décolorée par l'oxydase et à faire bouillir l'une qui, de ce fait, reprend sa couleur primitive. L'addition à froid dans les deux portions d'une solution neutre d'acétate d'urane détermine dans la cochenille régénérée la formation d'une belle laque verte. Le même réactif ne produit rien avec la portion non régénérée. On peut expliquer cette régénération de la cochenille oxydée par la présence probable d'un corps réducteur dans la macération de Russule. Toutes mes solutions colorées soumises dans le vide à l'influence de la macération oxydante sont restées intactes jusqu'à ce jour, c'est-à-dire depuis trois semaines. Les témoins préparés en même temps se sont décolorés en quelques minutes à l'air. Une ébullition de 2 à 3 minutes est suffisante pour rendre la macération inactive.

---

(1) La comparaison entre l'action de la laccase de l'arbre à laque et celle de l'extrait de Russule a été faite avec des solutions équivalentes au point de vue de leur activité vis-à-vis de l'hydroquinone, du gaïacol et du pyrogallol.

Il m'est difficile actuellement de savoir s'il faut interpréter les différences observées entre l'extrait de Russule et la laccase de l'arbre à laque par l'existence, dans la Russule, d'une oxydase particulière. Peut-être faut-il admettre que la laccase est incapable de produire plusieurs des oxydations indiquées, parce qu'elle est exempte du co-enzyme ou de la substance activante nécessaire. Si ce co-enzyme existe dans l'extrait de Russule, il ne résiste pas à l'ébullition, car de l'extrait bouilli ne communique pas à la laccase de l'arbre à laque la propriété de produire les oxydations dont elle est incapable toute seule. Je me suis d'ailleurs assuré que l'extrait de Russule chauffé à 65° n'oxyde plus la tyrosine (Bertrand), mais conserve les propriétés indiquées plus haut, ce qui exclut l'intervention de la tyrosinase.

Toutes proportions gardées, les différences observées sont peut-être du même ordre que celles que l'on constate entre l'amylase de l'orge et celle du malt dans les phénomènes de saccharification diastasique de l'amidon [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les propriétés colloïdales de l'amidon, en rapport avec sa constitution chimique*. Note de M. **Eugène Fouard**, présentée par M. E. Roux.

Les présentes recherches ont eu pour but d'étudier la solubilité réversible de l'amidon colloïdal sous l'influence des alcalis ou de la chaleur. J'ai d'abord suivi l'action de ces divers agents sur la substance en solution parfaite, obtenue, ainsi que je l'ai antérieurement décrit [2], par filtration du colloïde à travers une membrane de collodion.

I. Lorsqu'on ajoute à divers échantillons d'un tel filtrat, contenant $22^g,48$ d'amidon par litre, des doses titrées croissantes d'une solution de potasse pure, on observe une variation de pouvoir rotatoire spécifique, qui décèle une modification continue de l'amidon. Le Tableau suivant contient l'évaluation de cette grandeur physique (mesurée à 18°) correspondant à l'alcalinité de chaque solution active, évaluée en millièmes de molécule-gramme par litre :

Alcalinités.................	0	18,8	41	104	272	552	1392	2792	6540
Pouvoirs rotatoires (α_D)....	191°,5	188°,3	180°,6	174°,1	163°,8	159°,0	151°,5	148°,1	145°,6

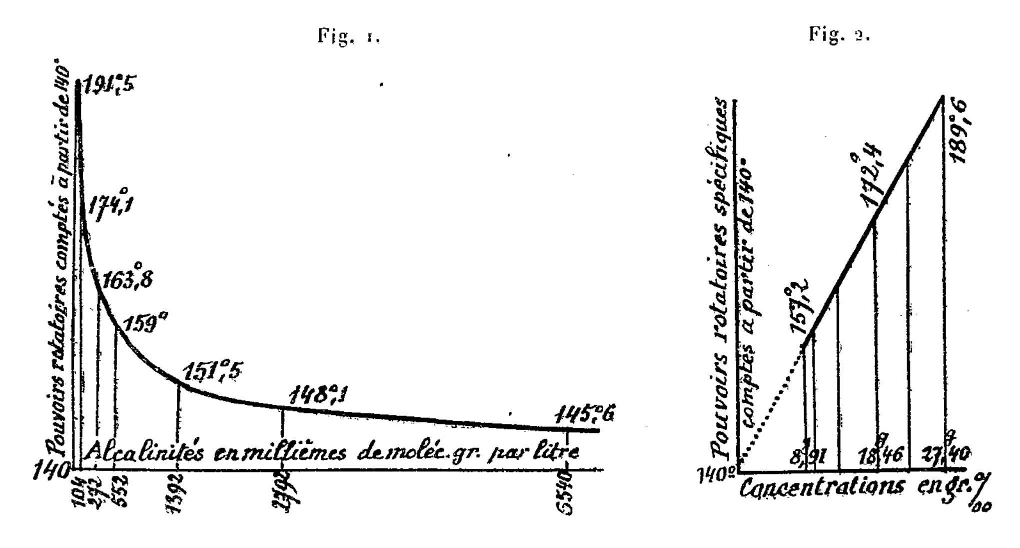
(1) J. Wolff, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 1368. — Fernbach et Wolff, *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 80.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 285.

Chacune de ces valeurs est constante pour la même alcalinité; elle reste fixe avec le temps; elle ne dépend ainsi que de la concentration en alcali, et décroît en même temps que celle-ci s'élève. De plus, elle est immédiatement atteinte, ce qui prouve que la transformation est instantanée. Enfin, le changement subi par l'amidon dans sa dissolution n'est nullement définitif : il est réversible, comme le révèle un retour de la solution, préalablement alcalinisée, à sa rotation polarimétrique initiale, quand on la neutralise exactement par un acide.

Les variations précédentes peuvent être exprimées par la courbe hyperbolique ci-dessous (*fig.* 1) obtenue en prenant pour abscisses les doses de potasse et pour ordonnées les pouvoirs rotatoires spécifiques correspondants :

Fig. 1. Fig. 2.



On constate ainsi que l'influence de traces d'alcali est énorme vers l'origine, près de la neutralité; l'abaissement de (α_D) devient insensible dans le sens des doses massives de potasse, et les pouvoirs rotatoires successifs tendent vers un minimum voisin de 141° quand l'alcalinité s'accroît indéfiniment; or, cette valeur limite, obtenue en prolongeant la courbe, a une signification intéressante : c'est, à très peu près, le *pouvoir rotatoire spécifique du maltose* en dissolution aqueuse extrêmement étendue (140°,4 suivant Meissl).

II. La même limite apparaît encore dans l'étude de l'action unique de la chaleur sur l'amidon dissous : des fraction distinctes d'une même pseudo-solution neutre, amenées à des degrés variables de leur gélification spontanée, sont soumises séparément à une filtration sur membranes d'un même collodion type. Afin d'observer l'action de la chaleur sur les divers filtrats

ainsi préparés, après avoir mesuré leurs rotations polarimétriques à 18°, on les évapore au bain d'eau bouillante, puis à l'étuve à 100°, jusqu'à poids constant : on obtient ainsi les concentrations suivantes en amidon dissous, d'autant plus petites que le milieu d'origine était plus gélifié, et à chacune d'elles correspond un pouvoir rotatoire spécifique :

Concentrations en grammes par litre..	27g,40	22g,67	18g,46	13g,59	10g,31	8g,91
Pouvoirs rotatoires (α_D)............	189°,6	182°,5	172°,4	165°,2	159°,6	157°,2

On observe que les points figuratifs de ces deux suites variables (*fig.* 2) sont sur une même droite ayant approximativement pour ordonnée d'origine la valeur ($\alpha_D = 141°$), constante du maltose pur; il faut remarquer en outre que les extraits successifs obtenus dans ces essais ne donnent que les réactions de l'amidon, reprenant en présence de l'eau la forme colloïdale à gélification réversible.

III. Les deux expériences précédentes conduisent donc à un même but par deux voies différentes : l'action de la potasse, visiblement dissolvante sur l'amidon en grains naturels, en empois, en milieu colloïdal (¹) se poursuit sur les divers agrégats moléculaires que j'ai déjà caractérisés (²), dans la solution parfaite de cette substance; cette division s'accomplit d'une façon continue, de telle sorte qu'à l'extrême limite la matière dissoute aurait le pouvoir rotatoire du maltose.

L'action de l'eau, que j'ai déjà définie comme dissolvante par l'effet d'une hydrolyse réversible (²), se précise nettement sur la solution parfaite à 100° : on sait que le pouvoir rotatoire d'une substance dissoute est le rapport d'une rotation polarimétrique à son taux pour 100; puisque ce rapport s'abaisse de 189°,6 à 157°,2 dans les solutions d'amidon extraites du même colloïde à des degrés croissants de sa gélification, c'est que, pour la même rotation, le poids de produit actif augmente; le dissolvant, l'eau, est donc fixé graduellement par la matière soluble, augmentant progressivement son poids, entrant de plus en plus dans sa constitution. A l'extrême limite de la gélification, l'amidon qui reste dissous en proportion infiniment petite, fixant à 100° une proportion d'eau maxima, présenterait, après la dessiccation, le pouvoir rotatoire du maltose.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 501.
(²) *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 978.

IV. Ces faits conduisent à représenter la composition et la structure colloïdale de l'amidon d'après le plan suivant : la dissolution, par la potasse ou par l'eau, dépend d'une hydrolyse réversible, dans laquelle la particule, colloïdale ou dissoute, est graduellement divisée en éléments plus simples, jusqu'à l'unité, la maltose. *L'amidon, espèce chimique unique*, comme je l'ai démontré ([1]), *est donc simplement le produit de condensation, de degré variable et indéterminé, du maltose, véritable noyau moléculaire de cet hydrate de carbone.* Cette condensation réversible se poursuit par élimination d'une ou plusieurs molécules d'eau entre 2^{mol} de maltose, libres ou déjà associées; elle prend dans son cours l'état colloïdal, de forme variable, jusqu'à la gélification spontanée. D'autre part, les changements d'états physiques du colloïde, considérés jusqu'ici comme uniquement tributaires d'actions de surface (tension superficielle, différence de potentiel, modification chimique d'un revêtement minéral), dans lesquelles aucun rôle n'est attribué à la substance même du colloïde, sont en réalité sous la dépendance essentielle de ses variations chimiques et sont liées, par conséquent, à sa constitution.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les maltases du maïs*. Note de M. R. **Huerre**, présentée par M. L. Maquenne.

J'ai montré récemment ([2]) que les maltases des maïs *blanc* et *jaune* hâtifs des Landes ont des propriétés très différentes, qui permettent de les opposer l'une à l'autre sous les noms de *maltase basse*, agissant à partir de 0°, et de *maltase haute*, n'agissant qu'au-dessus de 20°.

J'ai reconnu depuis que les maltases des autres variétés de maïs se rapprochent de ces deux types extrêmes, sans pourtant leur être identiques. Les expériences ont porté sur les sortes dites *Rouge gros*, *King Philipp*, *Cuczo rouge et blanc* et *Auxonne*; elles ont été effectuées de la manière déjà décrite, avec des macérations à 10 pour 100 de graines non germées, broyées au moulin.

Seul de ces dernières espèces, le maïs *Auxonne* contient une maltase haute; l'extrait correspondant n'hydrolyse pas le maltose, au-dessous de 20°, après un contact de 18 heures.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 813.
([2]) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 300.

Les autres renferment des maltases basses, agissant très bien sur le maltose vers 15°, avec de simples différences dans la vitesse d'hydrolyse. Ces maltases basses n'ont d'ailleurs pas le même optimum que celle du *blanc des Landes*.

Nous avons étudié plus particulièrement le *Cuczo rouge* et le *King Philipp*.

1° *Cuczo rouge*. — *Limite inférieure d'activité* : voisine de 0°. *Limite supérieure* : fonctionne encore à 65°, n'agit plus à 70°. *Optimum* : voisin de 60° et sans doute un peu inférieur à cette température; les proportions centésimales de maltose hydrolysé pendant le même temps ont été trouvées égales à 20 pour 52°, 24 pour 55°, 30 pour 58° et 28 pour 60°.

Cette maltase tient donc à la fois de la maltase basse du maïs *blanc des Landes*, puisqu'elle agit aux environs de 0° et est détruite vers 68°, et de la maltase du *jaune des Landes*, par son optimum voisin de 60°. L'étendue thermique de son activité est sensiblement plus grande que celle des maltases des maïs des Landes (68° au lieu de 60°), mais on constate une chute très brusque de cette activité dès que la température optima est atteinte.

L'étude du *Cuczo blanc* nous a donné des résultats du même ordre.

2° *King Philipp*. — *Minimum* : à 5° légère hydrolyse du maltose ajouté à l'extrait; rien à 0°, même en prolongeant l'expérience pendant 72 heures. *Maximum* : agit encore à 56°, n'agit plus à 62° en 6 heures. *Optimum* : agit mieux à 40° qu'à 55° et mieux à 46° qu'à 40°. Maltose hydrolysé pour 100 du sucre ajouté : 19 à 44°, 24 à 47°, 22 à 51° et 8 à 56°.

L'optimum cherché est ainsi proche de 50°, les limites d'activité sont 4° et 60° environ. Comme pour le *Cuczo* on observe une destruction rapide de cette diastase aussitôt que la température dépasse de quelques degrés celle de l'optimum.

A quoi maintenant peuvent tenir ces dissemblances remarquables? *A priori* il est assez naturel de les rapporter à l'intervention des substances étrangères, variables en quantité et en qualité, qui accompagnent l'enzyme dans les extraits de maïs; mais on peut aussi supposer qu'il existe toute une famille de maltases dont les différents termes se distinguent par des caractères de second ordre. C'est cette dernière hypothèse qui, d'après nos recherches, nous semble la plus vraisemblable.

Dans l'espoir de purifier nos produits, nous avons d'abord essayé d'en précipiter le principe actif par l'alcool; on sait que Geduld a pu ainsi isoler une *glucase* du maïs. En appliquant cette méthode aux extraits des maïs *blanc des Landes* et *Cuczo rouge* nous avons obtenu des précipités qui, repris par l'eau, étaient en vérité capables encore d'hydrolyser le maltose, mais avec une telle lenteur que toute mesure précise a été impossible; l'enzyme est altéré par son contact avec l'alcool.

Nous avons alors recherché si l'on peut modifier les limites d'action des

maltases hautes et basses en ajoutant aux extraits qui les renferment des substances reconnues atténuantes ou favorisantes, comme les acides, les bases ou les composés aminés. Les résultats, comme on va le voir, sont restés négatifs.

Les extraits de semences de tous les maïs étudiés ont une réaction franchement alcaline à l'hélianthine. Cette réaction est légèrement variable dans son intensité quand on passe d'une espèce à une autre, mais elle n'a aucun rapport avec les caractères spécifiques de la maltase haute ou basse qui s'y trouve : c'est ainsi que les deux extraits des maïs *jaune* et *blanc* des Landes ont exactement la même alcalinité à l'hélianthine.

De plus, les maltases hautes et basses conservent leur optimum et continuent d'agir respectivement au-dessus de 20° ou dès 0° en milieu rendu plus ou moins alcalin par addition de quelques gouttes de potasse ou d'acide sulfurique décinormal ou en milieu légèrement acide (*blanc hâtif* des Landes, *jaune hâtif*, *Cuczo* et *Auxonne*).

L'addition d'asparagine n'a pas davantage d'influence (*blanc* des Landes et *King Philipp*); enfin, il ne semble pas que ces modifications apportées artificiellement au milieu changent la limite supérieure des températures auxquelles ces différents enzymes cessent d'agir. Toutes ces conditions thermiques sont, pour chaque maltase étudiée, autant de caractères fixes.

De tous ces résultats nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° L'étude des maltases fournies par différentes espèces de maïs confirme et justifie leur division, déjà proposée par nous, en maltases hautes et maltases basses.

2° L'optimum et les températures limites d'activité de ces deux groupes de diastases sont indépendants de la réaction du milieu, tant que celle-ci n'arrête pas l'hydrolyse, et de la présence d'un aminoacide tel que l'asparagine. On doit donc leur attribuer la valeur de véritables propriétés caractéristiques, ayant leur origine dans la nature même de la maltase, supposée variable, ou, si on la suppose fixe, dans la présence d'un co-enzyme encore inconnu.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Digestion des mannanes et des galactanes*. Note de MM. **H. Bierry** et **J. Giaja**, présentée par M. Dastre.

Il y a un grand intérêt, en raison des applications alimentaires possibles, à savoir si les mannanes et les galactanes sont transformées par les sucs

digestifs de l'homme et des animaux. Jusqu'ici on n'a pu mettre en évidence chez les Mammifères de diastases capables d'hydrolyser ces substances. Contrairement aux assertions de Sawamura (1), M. et Mme Gatin (2) ne sont pas parvenus à faire digérer les mannanes du caroubier et du salep par les ferments solubles extraits de l'intestin et du pancréas du bœuf et du porc. Nous avons eu également, en employant les mannanes et les galactanes de la graine de luzerne, des résultats négatifs avec le lapin et le chien (3), et Saïki (4) a montré qu'un grand nombre de préparations alimentaires utilisées au Japon et contenant des mannanes résistent à l'action de la salive et des sucs pancréatique et intestinal.

Cette question, qui paraît être tranchée en ce qui concerne les animaux supérieurs, a été soulevée à propos des animaux inférieurs par Biedermann et Moritz (5). Ces auteurs ont avancé que le suc digestif de l'Escargot (*Helix pomatia*) hydrolyse les celluloses et hémi-celluloses. Leurs recherches sont surtout histo-chimiques; elles ont été faites avec des produits complexes et mal définis chimiquement. La plupart du temps ils se contentent de constater, au microscope, dans des coupes de végétaux divers (asperge, radis, betterave, albumens de graines, etc.), une dissolution plus ou moins complète des membranes cellulaires sous l'influence du suc digestif de l'Escargot. Nous avons cru utile de reprendre cette question dans des conditions bien déterminées et en expérimentant avec divers animaux.

Nous avons fait agir le suc gastro-intestinal (recueilli avec les plus grands soins de pureté) de Mollusques et de Crustacés sur les mannanes et galactanes extraites de la graine de luzerne (*Medicago sativa* L.) et de la graine de fenugrec (*Trigonella Fœnum-Græcum*) et sur les mannanes extraites des graines de *Phytelephas macrocarpa* R. et P. (corrozo) et de *Phœnix dactylifera* L., substances qui ont été étudiées encore récemment au point de vue chimique par MM. Bourquelot et Hérissey (6) et par M. Gatin (7).

Nous avons extrait de la graine de luzerne la manno-galactane (galactine) en suivant les indications de Müntz (8) qui l'a découverte; la manno-galactane de fenugrec a été

(1) SAWAMURA, *Bull. of the college of Agriculture Tokyo*, t. V, n° 2, sept. 1902.

(2) M. et Mme GATIN, *C. R. Soc. biol.*, mai 1905; *Bull. Sc. pharmacologiques*, août 1907.

(3) BIERRY et GIAJA, *C. R. Soc. Biol.*, juin 1906.

(4) SAÏKI, *The Journal of biological Chemistry*, octobre 1906, p. 251.

(5) BIEDERMANN et MORITZ, *Pflüger's Archiv*, t. LXXIII, 1898.

(6) BOURQUELOT et HÉRISSEY, *Journal Pharm. et Chim.*, 6e série, t. XI, 1900, p. 589.

(7) GATIN, *Thèse doctorat ès sciences*, Paris, 1906.

(8) MÜNTZ, *Sur la galactine* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, 1882).

préparée de la même façon. Les albumens de *Phytelephas macrocarpa* ont été employés très finement pulvérisés; pour le corrozo nous n'avons utilisé que la partie épuisée par l'eau chaude. Ce résidu, insoluble dans l'eau, est d'après Gatin composé en grande partie de mannanes, puisqu'on peut en extraire une quantité de mannose égale à 61,7 pour 100 du poids de l'albumen.

Nous faisions constamment trois parts des sucs digestifs recueillis par sondage, pour les Crustacés et par isolement du tube digestif chez les Mollusques. La première était additionnée de mannogalactane ou de mannane; la seconde, préalablement bouillie, était également additionnée de mannogalactane ou de mannane; la troisième, mise avec de l'eau distillée, était destinée à éviter les erreurs possibles dues aux apports et aux transformations des sucs digestifs eux-mêmes. Les digestions auxquelles nous ajoutions des antiseptiques divers (chloroforme, thymol, toluol) étaient mises à l'étuve à 37° ou à la température ordinaire du laboratoire. Les liquides étaient traités après un certain temps par l'alcool, concentrés dans le vide et déféqués par le nitrate mercurique. Nous obtenions ainsi des liquides limpides dans lesquels nous dosions le sucre formé (méthode de G. Bertrand) et où nous recherchions le mannose au moyen de l'acétate de phénylhydrazine. Après 10 heures de contact la mannose-hydrazone était essorée sur un filtre, lavée à l'eau, l'alcool et l'éther, desséchée dans le vide, pesée, ensuite caractérisée par son point de fusion, 218°-220° (fusion instantanée au bloc Maquenne) et sa transformation en phénylglucosazone au bain-marie à 100° en présence de phénylhydrazine (point de fusion de la glucosazone, 230°-231°). Toutes les fois que la quantité d'hydrazone le permettait nous avons régénéré le mannose cristallisé par la méthode d'Herzfeld [1].

La galactose a été caractérisée par son osazone ou par l'acide mucique. Le liquide clair, débarrassé par filtration de mannose-hydrazone et porté au bain-marie bouillant, donne une osazone insoluble dans l'eau bouillante, l'acétone étendue de son volume d'eau, très peu soluble dans l'alcool méthylique, et fondant au bloc Maquenne vers 212°-214° et que nous avons toujours pu identifier avec la galactosazone obtenue avec le galactose pur.

Les sucs digestifs de Mollusques et de Crustacés ont une action plus ou moins marquée sur les mannanes et les galactanes.

I. *Mollusques*. — Le suc gastro-intestinal d'*Helix aspersa* L., d'*Helix nemoralis* L. et surtout d'*Helix pomatia* L., s'est montré très actif sur toutes les mannanes et les galactanes que nous avons mises en son contact.

Voici à titre d'exemple une expérience faite avec le suc d'*Helix pomatia* et les différentes mannanes et galactanes. Après 5 jours de contact à l'étuve à 37°, avec thymol et toluol comme antiseptiques, les liquides de digestion ont été analysés avec les précautions indiquées plus haut. On détermine, par le pouvoir réducteur et par la pesée de la mannose-hydrazone, les quantités respectives de mannose et de galactose.

---

[1] HERZFELD, *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. XXVIII, 1895, p. 442.

		Mannose.	Galactose.
Suc gastro-intestinal d'*Helix pomatia* L.	5^{cm^3}		
Eau	80^{cm^3}	0	0
Mannane (corrozo)	2g,50		
Suc	5^{cm^3}	0,52	0
Eau	80^{cm^3}		
Le même, bouilli		0	0
Manno-galactane (luzerne)	2g,50		
Suc	5^{cm^3}	0,40	0,43
Eau	80^{cm^3}		
Le même, bouilli		0	0
Manno-galactane (fenugrec)	2g,50		
Suc	5^{cm^3}	0,34	0,38
Eau	80^{cm^3}		
Le même, bouilli		0	0
Albumen de dattier	2g		
Suc	4^{cm^3}	0,92	0
Eau	60^{cm^3}		

Ce pouvoir digestif du suc d'Escargot disparaît après 20 minutes de chauffage à 70°.

II. *Crustacés.* — Il y a une différence marquée entre l'action digestive du suc gastro-intestinal de l'Écrevisse et celle du suc gastro-intestinal des Crustacés marins. Le suc d'Écrevisse (*Astacus fluviatilis* Rondel.) hydrolyse facilement les mannanes de corrozo, il attaque beaucoup plus difficilement les galactanes et surtout les mannanes de luzerne et de fenugrec. Le suc digestif d'*Homarus vulgaris* Bel., de *Maja squinado* Rondel., que nous avons eu en grande quantité au laboratoire de Roscoff, hydrolyse même à la température du laboratoire les mannanes du corrozo, mais reste sans action envers les mannanes et les galactanes de luzerne et de fenugrec.

Les sucs digestifs de *Carcinus mœnas* L. et de *Platycarcinus pagurus* L. n'agissent ni sur les mannanes de corrozo, ni sur les manno-galactanes de luzerne et de fenugrec.

L'agar-agar a résisté à tous les sucs digestifs.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une moisissure du tannage à l'huile, le* Monascus purpureus. Note de M. **André Piedallu.**

On sait que, pendant l'opération du chamoisage, les huiles qui servent à tanner les peaux subissent des transformations diverses. Nous nous sommes

proposé d'étudier ces transformations et leurs causes. Nous avons isolé dans des peaux en préparation différents microbes (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXV, p. 7 et 114) : bactéries, levure, moisissures. Au nombre de ces dernières se trouve un Ascomycète, le *Monascus purpureus* Went, dont l'action sur l'huile est remarquable.

Le *Monascus purpureus* a été découvert par Went dans l'Ang-Quac, substance importée de Chine et utilisée à Java pour colorer en rouge diverses substances alimentaires.

Plusieurs auteurs ont étudié les *Monascus :* van Tieghem, qui créa le genre; Barker, Olive, Ikeno, Kuyper, Dangeard; ils se sont attachés surtout à la morphologie de ces curieux champignons. Nous avons pu isoler celui qui fait l'objet de cette Note de la peau en huile et des fonds de bidons d'huile dite *du Japon*, extraite du *Clupanodon melanosticta*.

En culture pure, il se présente (à la température optima de 30°) :

Sur gélose peptone 1 *pour* 100, *glycérine* 1 *pour* 100, en taches circulaires formant des cercles concentriques d'un feutrage léger d'abord blanc de neige qui devient rose le plus souvent et qui, sous diverses influences, passe au rouge (acidité du milieu, symbiose avec certains bacilles, etc.). En dehors de la tache en surface le mycelium s'enfonce dans le substratum, y prenant une forme hémisphérique, limitant une calotte dont le point culminant correspond au centre de la culture.

Sur riz cuit, il donne en 2 jours de petites taches roses qui s'élargissent et prennent une teinte *pourpre foncé*. Après 15 à 20 jours, le riz est complètement rouge pourpre dans toute sa surface en contact avec l'air, les parties collées au verre sont orangé pourpre, mais deviennent pourpres à la longue, dès que le dessèchement a décollé la masse du riz.

Sur amandes mondées, culture rouge en 2 jours.

Sur pomme de terre, cultures roses au bout de 2 ou 3 jours.

Sur carotte, culture rouge pourpre recouverte d'un feutrage fleur de pêcher.

Sur artichaut, culture rose, le substratum verdit (oxydase).

Sur bouillon de carotte, en 2 ou 3 jours, voile blanc de neige qui se plisse et prend généralement une teinte fleur de pêcher.

Sur lait, en tubes, culture abondante; dès le second jour, taches rouge vif dans la crème.

Nous avons ensuite, sur les conseils du Dr P. Achalme, directeur du laboratoire colonial du Muséum, essayé l'action de ce *Monascus* sur les corps gras en milieu solide et en milieu liquide.

1° *Milieu solide* (en fiole de Roux). — Au centre de cultures circulaires blanc légèrement rosé, de 4 jours, sur milieu gélose peptone 1 pour 100, glycérine 1 pour 100, nous avons placé des gouttes de différentes huiles : olive, noyau, sézame, arachide, coton, œillette, amandes douces, palme, ricin, noix, lin, colza, pieds de

mouton, pieds de bœuf, foie de morue, foie de roussette, poisson, Japon, baleine, crème de lait; en nous servant de pipettes ou mieux d'un fil de platine formant anneau à l'extrémité. Dès le lendemain nous pûmes constater un rougissement presque général des taches avec réaction acide des huiles primitivement neutres. Au bout de 2 jours les taches d'huile furent envahies par le mycélium, toutes se garnirent de points rouge pourpre sauf les huiles de foie de morue, de roussette, du Japon, de poisson, de baleine, qui prirent une teinte crémeuse jaune orangé brun clair. Au bout de 10 jours toutes les taches furent garnies d'un mycélium rouge pourpre foncé, sauf celles que nous venons de citer qui devinrent un peu plus jaune brun, et l'huile d'œillette qui resta plus jaunâtre.

De l'huile de Japon, mise en masse sur les mêmes cultures dans les mêmes conditions, est devenue jaune orangé brun et, en certains points, brune; elle a pris une réaction très nettement acide et s'est épaissie.

Milieux liquides. — En prenant pour base un liquide contenant : *sulfate d'ammonium* 1g, *phosphate de potassium* 0g,02, *sulfate de magnésium* 0g,04, *eau de Seine* 100g, nous avons cultivé le *Monascus* en variant l'élément hydrocarboné.

Liq. + amidon 1 pour 100. — Culture blanche d'abord chétive, puis abondante, pas de réduction de la liqueur cupropotassique par le liquide clair, qui donne encore les réactions de l'amidon après 1 mois.

Liq. + glucose 1 pour 100. — Culture abondante blanc sale.

Liq. + saccharose 1 pour 100. — Culture blanche d'abord chétive, puis abondante, hydrolyse le saccharose, réduction de la liqueur cupropotassique.

Liq. + glycérine 1 pour 100. — Culture blanche très chétive, nombreuses formes de résistance, assez abondante après 15 à 20 jours, réaction acide.

Liq. + oléate de potassium 1 pour 100 *ou de sodium* 1 *pour* 100. — Culture abondante gris brunâtre clair; il est bon de neutraliser ces liquides (si le milieu est acide, la culture a des tendances à rougir).

Nous avons ensuite cultivé le *Monascus* dans le même liquide, ajoutant simplement différentes huiles en surface.

Pour amorcer la culture, il est bon de ne mettre au début que très peu d'huile très largement étalée.

Nous stérilisons préalablement du liquide dans une fiole de Roux, puis ajoutons, avec une pipette stérilisée, de l'huile stérilisée.

Nous avons opéré avec :

Liq. + huile de baleine. — Culture abondante en 2 jours, les taches d'huile sont opacifiées, petit à petit le mycélium gagne les bords des taches, qui se relèvent, se plissent, et forment des boursouflures qui se couvrent d'un feutrage blanc crème. Légèrement rosé sur fond orangé clair.

Lorsque la culture est en bonne voie, nous ajoutons une plus grande quantité d'huile.

Le liquide sous-jacent contient bientôt une forme de culture semblable à celle observée en liquide glycériné.

L'huile et le liquide sous-jacent sont nettement acides, l'huile est épaissie et d'une coloration plus foncée, le liquide est devenu jaune brun clair.

Liq. + huile du Japon. — Même aspect, même réaction.

Liq. + huile de foie de Morue. — Culture moins abondante, le liquide est coloré

en jaune brun et le mycélium nageant dans ce liquide est fortement coloré en brun, il semble végéter péniblement, mêmes réactions.

Liq. + *huile d'olive.* — Même aspect que sur huile de baleine, culture très abondante, liquide légèrement jaune.

Liq. + *huile de coton.* — Culture plus orangée, liquide légèrement jaune.

En résumé, ce Champignon acidifie les huiles, les épaissit et les colore en brun plus ou moins foncé; il sécrète une oxydase (coloration verte de l'artichaut et bleue de la teinture de gaïac). Nous pouvons donc penser, avec juste raison, qu'il joue un rôle dans le chamoisage, puisque les huiles expurgées des cuirs chamoisés sont brunies, acidifiées et épaissies.

AGRONOMIE. — *Composition et emplois de la pulpe de défibrage du Henequen.* Note de MM. A. **Hebert** et F. **Heim**, présentée par M. Müntz.

La culture du *Sisal* ou *Henequen* (*Agave rigida* Mill., var. *Sisalana* Perrine), Agave qui fournit la fibre textile communément désignée sous les mêmes vocables, a fait la rapide fortune de Yucatan; elle se propage activement dans diverses régions tropicales. L'extension de cette culture, l'impulsion qu'on s'efforce actuellement de lui imprimer au Soudan français, donnent un intérêt tout particulier à l'étude des questions relatives à l'exploitation de ce textile.

Les feuilles charnues du Sisal, traitées en vert par des défibreuses, fournissent la fibre textile et un sous-produit de déchet, dit *pulpe de défibrage*, constitué par l'épiderme et l'ensemble des éléments vasculaires et parachymateux de la feuille. L'abondance de cette pulpe, sous-produit encombrant et jusqu'ici sans valeur, rend fort importante pour les producteurs de Sisal la question de ses usages possibles, industriels ou agricoles.

D'autre part, la non-restitution au sol des principes fertilisants contenus dans la pulpe semble être, à priori, de nature à appauvrir notablement le sol.

Les analyses et essais que nous avons effectués sur des matériaux d'études reçus du Yucatan nous permettent de formuler quelques conclusions sur l'utilisation la plus avantageuse de la pulpe de défibrage du Sisal.

Cette pulpe, après dessiccation à l'air et au soleil, peut être facilement calcinée en tas; les cendres (12 de cendres pour 100 de pulpe) fourniraient un engrais à teneur très faible en acide phosphorique (1,3 pour 100), à teneur en potasse de moitié inférieure à celle de la kaïnite (10 pour 100), riche en chaux (29,4 pour 100).

La pulpe sèche renferme 6,29 pour 100 de sucres réducteurs, 4,65 pour 100 de sucres non réducteurs, au total 10,94 pour 100 de sucres fermentescibles, théoriquement transformables en alcool, dès le moment où l'on serait en possession de l'agent de fermentation bien adapté à ce moût spécial. Le traitement, par la distillerie, de la pulpe, en vue de l'obtention d'un alcool d'industrie, semble pouvoir mériter d'être tenté. Mais la majeure partie, sinon la totalité de la pulpe, semble devoir être utilisée comme fumure dans la plantation même.

La récolte de 100^{kg} de feuilles fraîches prive le sol des quantités suivantes de matières minérales :

	kg
Acide phosphorique	0,24
Chaux	1,14
Potasse	0,62
Azote	0,16

L'appauvrissement du sol apparaît comme inévitable dans le cas d'une exploitation comportant la sortie hors de la plantation des feuilles qui y sont récoltées sans restitution des principes fertilisants qu'elles contiennent.

Une partie notable de ces principes, surtout des matières azotées, se trouve contenue dans la pulpe, une faible partie seulement dans les fibres.

	Fibres sèches pour 100.	Pulpe sèche pour 100.
Matières minérales	8,02	12,11
Acide phosphorique	0,41	0,16
Chaux	1,94	3,57
Potasse	1,06	1,22
Azote total	1,78	3,79

Il est donc indiqué de reporter sur le sol de la plantation la totalité de la pulpe isolée au cours de la défibration des feuilles fraîches ($27^{kg},7$ de pulpe sèche par 100^{kg} de feuilles traitées en vert) et de compenser, d'autre part, la perte définitive en principes fertilisants, due à l'exportation des fibres, par la restitution au sol desdits principes, en quantités équivalentes à celles contenues dans les fibres, principes empruntés soit à la pulpe seule du Henequen (ce qui ne permettrait naturellement la fumure que d'une partie seulement de la plantation), soit à un mélange de pulpe et d'engrais additionnels : fumier, engrais chimiques; soit à des engrais seuls.

Des essais culturaux institués au Yucatan, d'après les chiffres fournis par l'étude ci-dessus résumée, fixeront l'orientation pratique de la restitution aux plantations de Henequen des principes qui leur sont jusqu'ici soustraits, chaque année, par la récolte des feuilles.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Comparaison entre les débuts du développement d'une plante vivace et ceux d'une plante annuelle.* Note de M. G. André, présentée par M. A. Gautier.

J'ai montré (*Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1485) quelques-unes des particularités remarquables que présente, dans la première année de sa végétation, l'évolution d'une plante vivace au point de vue de la distribution des matières salines, comparée à celle d'une plante annuelle.

L'acide phosphorique, notamment, existe toujours dans la racine sous des poids élevés pendant la première et la deuxième année de la végétation du noyer et dans la première année de celle du marronnier d'Inde : cette teneur élevée est comparable à la teneur en acide phosphorique de la graine elle-même. L'acide phosphorique existe en quelque sorte en réserve dans les organes de la plante.

I. On rencontre une accumulation analogue pour la potasse. Les proportions de cet alcali contenues dans la racine du noyer et du marronnier sont considérables et traduisent bien le rôle d'organe de réserve que joue cette racine. On ne trouve une semblable quantité de potasse que dans les racines très jeunes des plantes annuelles. La racine de 1 pied sec contient les quantités suivantes de potasse :

		Année 1906.			Année 1907.	
		31 juillet.	15 septemb.	6 octobre.	10 juillet.	17 octobre.
Noyer	Poids absolu de K^2O	0g,0405	0g,1485	0g,1594	0g,2429	0g,9035
	Pour 100 parties de K^2O de la plante totale	28,2	46,9	47,9	27,0	43,6
	Poids moyen de 1 pied sec	7g,84	22g,35	32g,66	58g,30	196g,24

			Année 1905.			
			30 mai.	4 juillet.	11 août.	25 septembre.
Marronnier	Poids absolu de K^2O	//	0g,0154	0g,0600	0g,1422	0g,1450
	Pour 100 parties de K^2O de la plante totale	//	19,6	32,4	39,2	49,7
	Poids moyen de 1 pied sec	//	3g,78	12g,97	27g,79	25g,68

En totalisant la potasse contenue dans la racine et dans la tige de 1 pied sec, on obtient les résultats suivants, aux mêmes dates que précédemment :

Noyer	Poids absolu de K^2O	0g,0616	0g,1674	0g,1786	0g,5296	1g,3501
	Pour 100 parties de K^2O de la plante totale	42,8	52,9	53,6	58,8	65,2
Marronnier	Poids absolu de K^2O	″	0g,0401	0g,1104	0g,2160	0g,1902 (1)
	Pour 100 parties de K^2O de la plante totale	″	51,0	59,7	59,5	65,3

On retrouve donc pour la potasse ce que j'ai signalé dans ma Note précédente pour l'acide phosphorique.

II. L'épuisement progressif des substances renfermées dans les cotylédons du marronnier est intéressante à suivre au fur et à mesure des progrès de la croissance de la plante qui en provient : j'ai montré, il y a quelques années (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, 1901, p. 1011), de quelle manière la plantule se nourrit aux dépens de ses cotylédons dans le cas d'une plante annuelle (Haricot d'Espagne). Chez celle-ci, au bout de 18 jours de germination dans un bon sol, alors que le poids de la plantule seule avait atteint à peu près celui de la graine initiale, la perte en matière sèche des cotylédons s'élevait à 78 pour 100.

Les pertes en acide phosphorique, potasse, azote total, pour 100 parties de ces substances contenues dans la graine initiale, s'élevaient respectivement à 87, 81 et 85.

On retrouve des faits du même ordre chez le Marronnier d'Inde. La graine de cette plante, semée au milieu de février, et dont le poids moyen de matière sèche était, pour une graine, de 11g,28, a fourni, le 4 juillet, une plante (moyenne) dont l'ensemble pesait 12g,97. La perte de matière sèche des cotylédons, qu'il était encore très facile de retirer du sol à cette époque, s'élevait à 73,7 pour 100. Les pertes en acide phosphorique, potasse, azote total atteignaient respectivement 81,2; 72,8 et 82,3 pour 100 du poids de ces substances contenues dans la graine initiale. Ces chiffres sont assez voisins de ceux qu'a fournis le Haricot d'Espagne.

Ainsi, pour une période comparable de l'existence de ces deux plantes, qui correspond à l'époque où la plantule seule a atteint le poids de la graine initiale, les pertes en matière sèche, acide phosphorique, potasse, azote total des cotylédons sont très voisines dans les deux cas. Il semble donc que, dans

(1) Ce nombre est plus faible que celui qui le précède. Cela provient de ce fait que les plantes avaient perdu, à la fin du mois de septembre, un certain nombre de feuilles. La potasse contenue dans celles-ci n'a pu, par conséquent, émigrer vers la tige.

les deux plantes examinées ici, l'une annuelle, l'autre vivace, les éléments minéraux et les éléments azotés contenus dans les cotylédons concourent, avec des vitesses variables, mais dans les mêmes proportions relatives, à l'édification de poids de matière vivante qui diffèrent peu d'une plante à l'autre. Chez le haricot, plante annuelle à végétation rapide, la plantule atteint le poids de sa graine 18 jours après l'ensemencement; chez le marronnier, il a fallu 4 mois et demi pour que ce poids fût atteint.

Entre le 4 juillet et le 11 août, les cotylédons du marronnier se sont encore épuisés, mais d'une manière peu notable, puisque les pertes en acide phosphorique, potasse, azote total ont été respectivement de 85,7; 77,7; 84,2 pour 100 parties de ces mêmes substances contenues dans la graine initiale. Ces derniers chiffres diffèrent peu de ceux qui ont été obtenus dans les analyses des plantes prélevées le 4 juillet.

En résumé, les cotylédons d'une plante vivace paraissent fournir à la plantule qui en est issue des poids de matière minérale et d'azote comparables à ceux que les cotylédons de la plante annuelle mettent à la disposition de celle-ci, à la rapidité près.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur une variété de fer organique végétal.* Note de MM. **P.-J. Tarbouriech** et **P. Saget**, présentée par M. A. Haller.

Le *Rumex obtusifolius* est, ainsi que l'un de nous l'a démontré [1], le végétal le plus riche en fer de tous ceux analysés jusqu'à ce jour; la racine sèche en contient 0,447 pour 100. Les recherches microchimiques permettent de se rendre compte que le métal n'est pas immédiatement décelable par les réactifs ordinaires des sels de fer, qu'il est donc contenu dans le végétal à l'état de combinaison masquée, et des recherches chimiques directes ont montré que ce composé est de nature organique.

L'étude de cette combinaison organo-ferrique est des plus laborieuses à cause des difficultés qu'on éprouve à l'isoler à l'état de pureté. Nous avons cependant réussi à établir quelques points de son histoire par l'observation des faits suivants :

Quand on met en contact avec des solutions alcalines diluées (soude ou ammoniaque à 1 pour 100) [2] la poudre de racine de *Rumex obtusifolius*, il ne passe en solution que des quantités infimes de fer, même si le contact est prolongé pendant plusieurs

---

(1) P. Saget, *Thèse doct. pharm.* Univ. de Montpellier, 1903.

(2) Ces liquides sont de bons dissolvants d'un certain nombre de composés organiques ferrugineux.

semaines. Cette même poudre, mise en macération avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 1 pour 100, lui cède une quantité de fer un peu plus considérable, mais toujours hors de proportion avec la masse de métal contenue dans la poudre mise en expérience. Si au contraire on emploie comme dissolvant de l'alcool à 95° contenant 1 pour 100 d'acide chlorhydrique, le fer se dissout dans ce liquide en quantité considérable et l'on peut l'en reprécipiter à l'état de combinaison organique, soit en additionnant la solution alcoolique d'une grande quantité d'eau, soit en la neutralisant par addition d'ammoniaque.

Ces faits étant connus, nous extrayons le composé organo-ferrique du *Rumex obtusifolius* de la manière suivante :

La poudre de racine est mise à digérer pendant plusieurs jours avec de l'alcool à 95°, et épuisée complètement par ce dissolvant à froid; on sèche soigneusement la poudre ainsi traitée pour la débarrasser de toute trace d'alcool et on l'épuise ensuite à la température ordinaire avec de l'eau chlorhydrique à 1 pour 100; on entraîne ainsi une faible quantité de fer et surtout des sels terreux, en particulier de l'oxalate de chaux. Quand l'action de ce dissolvant est terminée on lixivie la poudre de *Rumex* avec de l'alcool à 95° contenant 1 pour 100 d'acide chlorhydrique, aussi longtemps que le liquide se colore en brun d'une manière notable. La liqueur est ensuite exactement neutralisée par addition d'ammoniaque, ce qui détermine la formation d'un volumineux précipité qui est recueilli, lavé à l'eau et séché. Le produit est finalement épuisé par l'éther qui entraîne une certaine quantité de chlorophylle et, après dessiccation, il constitue une masse d'écailles noires, brillantes et dures. Il brûle avec incandescence en dégageant l'odeur spéciale des matières azotées et laissant un résidu de couleur ocre qui donne abondamment les réactions des sels de fer. On y caractérise aussi aisément la chaux et l'acide phosphorique; ces cendres se dissolvent facilement dans l'acide azotique.

Tous les essais tentés pour amener cette substance à l'état cristallisé ont été infructueux; elle est notamment insoluble dans les dissolvants organiques : éther, acétone, chloroforme, éther acétique, etc. L'alcool chlorhydrique, qui paraît être le seul véhicule qui la dissolve facilement sans l'altérer, ne l'abandonne par évaporation qu'à l'état amorphe. Les alcalis étendus la dissolve lentement et très incomplètement, et ces solutions acidulées par l'acide acétique ou l'acide chlorhydrique ne donnent que lentement la coloration bleu de Prusse avec le ferrocyanure de potassium.

L'analyse du produit obtenu par précipitation de sa solution chlorhydrique à 1 pour 100 a donné les résultats suivants [1] :

Carbone	43,27
Hydrogène	6,44
Azote	4,08
Phosphore	1,72
Fer	6,36
Cendres	9,91
Oxygène (par différence)	36,30

[1] Ces nombres représentent la moyenne de plusieurs analyses.

Cette composition élémentaire interdit toute interprétation qui envisagerait la nature protéique du produit; sa solubilité dans l'alcool chlorhydrique montre d'ailleurs que ce corps n'appartient pas au groupe des nucléines dont un des caractères principaux est, d'après Bunge, d'être insoluble dans ce dissolvant.

D'autre part, si l'on tente d'hydrolyser le composé organo-ferrique par l'acide chlorhydrique à 1 pour 100, à l'ébullition on ne réussit qu'à mettre en liberté une partie du fer, une autre partie restant encore combinée avec la matière organique.

Avec l'acide chlorhydrique à 10 pour 100, on dissocie profondément la molécule métallo-organique, et le liquide débarrassé du fer et alcalinisé réduit abondamment la liqueur cupro-potassique, ce qui met en évidence la présence d'hydrates de carbone dans la molécule de ce composé.

Ce dernier caractère, joint à la composition élémentaire du produit, nous permet de penser que le composé organo-ferrique du *Rumex obtusifolius* présente d'étroites analogies avec les dérivés ferriques des *nucléones* de Siegfried, si largement distribués dans le corps des animaux, dans les muscles et le lait. Ces nucléones étant généralement considérées comme les agents chargés de transporter dans l'économie le fer, l'acide phosphorique et la chaux, on penserait trouver dans ce rapprochement l'explication des résultats thérapeutiques vraiment surprenants qui ont été obtenus dans l'administration, par la voie digestive, de la poudre de *Rumex*.

Ces recherches seront continuées.

ANATOMIE HUMAINE. — *A propos de l'anatomie du thymus humain.* Note de MM. **Henri Rieffel** et **Jacques Le Mée**, présentée par M. E. Perrier.

Nous demandons à l'Académie la permission de répondre aux critiques formulées par M. Cruchet (séance du 1er février 1909) au sujet de notre Communication :

1° M. Cruchet admet qu'assez fréquemment les deux lobes thymiques sont réunis par un pont de substance glandulaire; nous avons soutenu au contraire que ces deux lobes thymiques sont aisément séparables.

2° M. Cruchet décrit un rapport constant du lobe gauche avec l'œsophage et le récurrent; nous n'avons rencontré cette disposition que d'une manière inconstante, à savoir 11 fois sur 34 dissections, et encore s'agissait-il d'un prolongement lobaire.

3° M. Cruchet, adoptant l'opinion de M. Testu, croit que la substance glandulaire ne remonte jamais jusqu'au corps thyroïde. Or, nous avons constaté cette contiguïté non seulement par l'intermédiaire de lobules glandulaires, mais par la corne supérieure elle-même.

4° M. Cruchet décrit les rapports respectifs des deux lobes du thymus, mais il ne parle nullement de leur situation par rapport aux espaces intercostaux que nous nous sommes appliqués à déterminer, ce qui nous a paru avoir un certain intérêt.

Il soutient qu'il est excessivement rare que la substance glandulaire descende jusqu'au diaphragme et qu'il s'agit là de tractus fibreux de fixation.

En cela, il reprend l'opinion de Piedecoq (1894), et c'est pourquoi nous avons cité seulement ce dernier auteur.

Nous n'avons, pas plus que M. Cruchet ne pourrait l'avoir, la prétention d'avoir découvert les rapports des phréniques avec le thymus déjà figurés par Luscka en 1863. Notre intérêt a été uniquement de préciser les rapports pratiques du phrénique gauche que nous opposions à ceux du phrénique droit (passé sous silence par M. Cruchet), et cela au point de vue pathologique et opératoire; la déduction qui se dégage naturellement de notre exposé est que, dans l'exothymopénie, on entraîne le phrénique gauche, tandis qu'on laisse en place le phrénique droit.

Il nous reste peut-être le mérite d'avoir mentionné les rapports du nerf cardiaque inférieur.

6° Nous avons bien spécifié que nos recherches sur la vascularisation du thymus étaient actuellement en cours et nous n'avons jusqu'à présent publié aucune autre remarque en dehors de la signification de l'artère thyroïdienne de Neubauer, qu'il est impossible de confondre avec les vaisseaux dont parle M. Cruchet.

Nous pouvons dire dès à present que nous nous réservons de discuter la valeur du paquet vasculo-nerveux dont M. Cruchet revendique la priorité de découverte et dont la description manque de précision. Depuis longtemps, en effet, Theile a décrit une branche artérielle très grêle qui accompagne le nerf phrénique et vient se perdre sur le diaphragme, de même qu'il cite des cas de duplicité de l'artère diaphragmatique à droite comme à gauche. Enfin Baur (1818) a décrit un ramuscule nerveux plus fréquent à droite qu'à gauche qui se détache du prénique dès son entrée dans la poitrine pour se porter en bas et en dedans vers la face antérieure du péricarde, et Valentin (1843) mentionne nettement le ramuscule thymique du phrénique.

Nous estimons donc, après ces explications, que les différents paragraphes de notre Note du 11 janvier 1909 restent entiers et acquis.

HISTOLOGIE. — *Structure histologique de la spermathèque des Blattes* (Periplaneta orientalis *L.*). Note de M. **L. Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le réceptacle séminal (*spermathèque*) des Blattes est composé de deux tubes de dimensions très inégales. Le plus volumineux, cylindrique à son

origine et dans sa partie médiane, se termine par une extrémité renflée en massue, arrondie ou brusquement tronquée. Sa cavité renferme de nombreux faisceaux de spermatozoïdes. Les deux parties de l'organe présentent à peu près la même structure histologique. Leurs parois comprennent les couches successives suivantes : une mince *membrane péritonéale* ou recouvrante externe; une *couche musculaire,* formée surtout de fibres longitudinales, mais contenant aussi des fibres obliques et quelques fibres circulaires; une *membrane basale,* très ténue; un *épithélium sécréteur,* comprenant de hautes cellules pourvues d'un canalicule efférent et d'une vésicule excrétrice intracellulaires; une *assise épithéliale chitinogène* interne et, enfin, une *intima chitineuse* servant de paroi au lumen du canal.

L'organe tout entier est recouvert extérieurement par une mince enveloppe, la *membrane péritonéale,* qui se présente sous la forme d'une bordure hyaline, pourvue, de distance en distance, de petits noyaux aplatis. Sous cette dernière, se trouve l'*assise musculaire,* formant autour de la spermathèque une couche contractile. Elle est constituée par deux ou trois strates de fibres striées, à direction longitudinale dans la région moyenne du tube, et qui deviennent, vers les extrémités, obliques et parfois même circulaires. De nombreux tubes trachéens s'insinuent entre les faisceaux de la musculature et parviennent même à atteindre les éléments épithéliaux sous-jacents.

A l'intérieur de la couche musculaire se trouve placée une *membrane basilaire,* très ténue, sur laquelle reposent directement les éléments cellulaires. Vient ensuite la *couche épithéliale* externe, formée par de hautes cellules cylindriques ou cunéiformes, élargies extérieurement et amincies du côté interne. Chaque élément contient un gros noyau, un protoplasme parfois finement granuleux, mais présentant, dans beaucoup de cas et suivant les régions, de larges vacuoles et des striations.

Chaque cellule est également pourvue d'un fin canalicule efférent qui traverse l'intima chitineuse interne et va déboucher dans le lumen central du conduit. Les canalicules se terminent par une vésicule excrétrice intracellulaire, ovale et allongée, parfois sphérique et située dans le voisinage du noyau. Le protoplasme se condense généralement autour de la vésicule en un massif sombre et strié. Les parois latérales des diverses cellules sont peu apparentes, indistinctes et se confondent avec les trabécules cytoplasmiques.

L'ensemble de l'épithélium externe peut donc être considéré comme résultant de l'agglomération d'une multitude de glandules monocellulaires, autonomes, indépendantes les unes des autres et munies chacune d'une vésicule excrétrice et d'un filament canaliculé intra-épithéliaux. La présence

de pareils canalicules intracellulaires est assez fréquente dans le système glandulaire des animaux : elle a été signalée, par plusieurs entomologistes, chez certains Insectes et Crustacés. On peut même, par une préparation spéciale suivie de dissociation, débarrasser le réceptacle séminal de sa gaine de cellules : on obtient alors un tube chitineux, hérissé d'une multitude de fins filaments, dont l'ensemble présente l'apparence d'une brosse à bouteille.

L'*épithélium chitinogène*, ou revêtement cellulaire interne du canal de la spermathèque, n'est que la continuation de l'assise hypodermique située au-dessous du tégument corné du corps. Il est constitué par des cellules allongées et pourvues de noyaux ovales, localisés dans la région externe.

Enfin, vient ensuite l'*intima chitineuse*, de teinte jaune foncée, à structure lamelleuse et à faces parallèles; son bord interne porte de fines denticulations. Elle sert de paroi à la cavité de la spermathèque qui contient de nombreux faisceaux de spermatozoïdes.

PHYSIOLOGIE. — *Dangers du chloroforme. Incoagulabilité du sang et nécrose du foie consécutives à l'anesthésie chloroformique.* Note de M. **Doyon**, présentée par M. Dastre.

I. J'ai démontré, en 1905, les faits suivants :

a. Le chloroforme détermine parallèlement : l'incoagulabilité du sang, la disparition du fibrinogène du plasma, la nécrose du foie.

b. L'incoagulabilité du sang et la disparition du fibrinogène du plasma ne se produisent dans l'intoxication chloroformique que si le foie est nécrosé; l'action du chloroforme sur le sang est donc indirecte.

Mes expériences ont été faites sur le chien. Le chloroforme était mêlé à de l'huile, puis introduit, deux ou trois jours de suite, à la dose de 1^g à 2^g par kilogramme d'animal, dans l'estomac.

II. J'ai constaté dans un cas, chez le chien, l'incoagulabilité du sang et la nécrose du foie, à la suite de l'administration, pendant 35 minutes, de chloroforme par inhalation.

Expérience : Chien de taille moyenne, âgé de 8 à 10 ans, paraissant en très bonne santé, remarquablement turbulent. Anesthésie chloroformique d'une durée de 35 minutes. Trois échantillons de sang de 20^g chaque environ sont prélevés le premier jour : le premier immédiatement avant l'anesthésie, le second immédiatement après, le troi-

sième 2 heures après la cessation de l'anesthésie. On prélève de nouveau plusieurs échantillons de sang le lendemain. Le sang recueilli à ce moment n'a jamais coagulé; il ne contenait plus que des traces de fibrine. Le chien est mort 28 heures après l'anesthésie. Le *foie* était jaune et présentait à l'examen microscopique de la *nécrose coagulante* généralisée et très accusée. Les reins présentaient de la sclérose dans les substances corticale et médullaire. Les urines contenaient de l'albumine et des quantités considérables d'urobiline; réaction de Gmelin nette, mais peu accentuée.

Il est probable que l'existence de lésions rénales anciennes explique la gravité des accidents postanesthésiques observés chez ce chien. Dans d'autres expériences consignées sur le Tableau annexé à cette Note, j'ai constaté le lendemain de l'anesthésie une augmentation de la fibrine du sang, augmentation due, ainsi que j'ai pu le vérifier, aux prises successives de sang. Toutefois il faut être prévenu qu'une anesthésie chloroformique relativement courte expose à l'ictère grave un sujet en apparence absolument sain. A mon avis, bien des accidents observés par les chirurgiens s'expliquent par l'action élective du chloroforme sur le foie et les effets indirects de ce poison sur le sang.

		Chiens en expérience.		
		1.	2.	3.
Durée de l'anesthésie (minutes)		35	45	45
Fibrine (grammes) pour 1000g de sang	Avant l'anesthésie	2,3	2,8	1,3
	Immédiatement après	2,3	2,8	1,3
	2 heures 30 minutes après	2,3	2,8	1,3
	Le lendemain soir	0,3	3,5	»
	Le surlendemain matin	»	»	2,1
Temps nécessaire (minutes) à la prise en masse.	Avant l'anesthésie	10 à 15	4	8 à 9
	Immédiatement après	35	»	11
	2 heures 30 minutes après	5	15	4 à 5
	Le lendemain soir	incoagulable	5	»
	Le surlendemain matin	»	»	13

HYGIÈNE. — *Sur la stérilisation de l'eau potable au moyen de la lampe en quartz à vapeurs de mercure.* Note de MM. **Jules Courmont** et **Th. Nogier**, présentée par M. Guignard.

Les vapeurs de mercure deviennent lumineuses dans un tube où existe le vide, sous l'influence du passage d'un courant électrique (Arons, 1892). Elles conservent cette luminescence tant que le courant passe. Cooper-

Hewitt (1895), Villard, Debierne, Konrad Hahn ont construit des lampes basées sur ce principe.

Küch (1905) montre qu'en remplaçant le tube de verre par un tube de quartz, la lumière émise est extrêmement riche en rayons de petite longueur d'onde. Kromayer a construit une lampe en quartz pour des usages thérapeutiques. La lampe de Kromayer émet une lumière très riche en rayons ultra-violets (Fabry, Buisson, F. Vaillant, Küch et Retchinsky). La richesse en rayons ultra-violets croît avec l'intensité du courant.

Th. Nogier et Thévenot (1908) ont constaté le pouvoir bactéricide de la lampe de Kromayer (cultures sur gélose).

Nous avons cherché à utiliser ce pouvoir bactéricide pour la stérilisation de l'eau potable.

Nous avons d'abord employé la lampe de Kromayer (4 ampères, 135 volts). Nous avons constaté un pouvoir bactéricide intense dans l'eau à $0^m,30$ de la lampe.

Nous avons alors fait construire un tonneau métallique de 115^l, ayant $0^m,60$ de diamètre, au centre duquel est suspendue, par ses électrodes, une lampe en quartz à vapeurs de mercure, d'une longueur de $0^m,30$, fonctionnant sous 9 ampères (135 volts). Deux pivots permettent d'incliner le tonneau pour allumer la lampe. Les parois du tonneau sont donc à $0^m,30$ de la lampe.

De très nombreuses expériences nous ont montré que la stérilisation de l'eau est complète (microbes ordinaires de l'eau, colibacille, bacille d'Eberth) au bout de 1 à 2 minutes, même lorsque l'échantillon est extrêmement pollué, naturellement ou artificiellement. Une minute suffit presque toujours.

L'eau doit être limpide.

L'échauffement ne dépasse pas quelques dixièmes de degré.

Cette eau n'est nocive ni pour les plantes, ni pour les animaux.

Notre tonneau d'expérience ne nous donne certainement pas le maximum de rendement, la distance de $0^m,30$ ayant été calculée sur une lampe de Kromayer consommant 4 ampères, alors que notre lampe fonctionne sous 9 ampères.

Nous pensons que l'emploi de la lampe en quartz, à vapeurs de mercure, peut entrer dans la pratique industrielle de la stérilisation des eaux potables (claires). Il suffira de disposer des lampes, soit dans un réservoir, soit dans le tuyau d'arrivée, à la distance convenable, de façon que l'eau soit éclairée pendant 1 à 2 minutes.

La durée des lampes est théoriquement indéfinie. La surveillance sera facile par la simple constatation de la luminosité.

MÉDECINE. — *Des mesures en d'Arsonvalisation.* Note de M. E. **Doumer**, présentée par M. d'Arsonval.

Pour mesurer les champs magnétiques oscillants qu'on utilise en d'Arsonvalisation, je me sers d'une boucle métallique, de surface S connue, placée dans le champ à mesurer perpendiculairement à la direction des lignes de forces magnétiques. Cette boucle est reliée à un ampèremètre thermique approprié, de façon à former circuit complet avec lui. L'ampèremètre est placé extérieurement au champ. Si l'on représente par r la résistance réelle du système ainsi constitué et par L sa self, l'intensité du courant induit par le champ est

$$i_{\text{eff.}} = \frac{\omega H}{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}}. \qquad (1)$$

Cette intensité est fonction du produit ωH, c'est-à-dire *du nombre d'unités de champ magnétique qui traversent cette boucle, dans un sens ou dans l'autre, pendant* 1 *seconde.*

J'appelle *pouvoir électromoteur* du champ cette grandeur rapportée à l'unité de surface

$$\frac{\omega H}{S} = \omega h;$$

c'est elle qui m'a servi à définir les champs magnétiques oscillants que j'ai employés dans mes recherches de clinique et de physiologie.

J'avais d'abord proposé de l'exprimer en *gauss* ou du moins, plus exactement, par le nombre de *gauss* qui traversent chaque centimètre carré de la section droite de la cage, soit dans un sens, soit dans l'autre, pendant la durée de 1 seconde. On m'a fait remarquer qu'une pareille dénomination pourrait créer une confusion. Pour éviter cette confusion et pour éviter aussi l'emploi d'une longue périphrase, j'adopterai à l'avenir comme unité de champ magnétique oscillant le *champ qui induit dans une boucle de* 1^{dm^2} *une force électromotrice de* 1 *volt;* pour un pareil champ, ωh est évidemment égal à 1000000 de *gauss*. J'appellerai cette unité *l'unité médicale pratique de champ magnétique oscillant* et je la désignerai par le symbole U. M. P.

Cette unité a le double avantage de se rapprocher beaucoup des champs qu'on emploie dans la pratique médicale et de pouvoir être facilement rattachée aux unités déjà adoptées pour les mesures électriques.

La mesure d'un champ en U. M. P. est facile, puisqu'elle se réduit à la

mesure d'une intensité. Le produit de cette intensité exprimée en ampères, par l'impédance du système exprimée en ohms, divisé par la surface exprimée en décimètres, donne le pouvoir électromoteur du champ exprimé en U. M. P. Le chiffre ainsi obtenu exprime aussi la force électromotrice induite par *décimètre carré,* exprimé en volts et, si on le multiplie par 1 000 000, le nombre d'unités de champ magnétique qui traversent par seconde chaque centimètre carré de la section de la cage.

Si l'on donne à l'impédance une valeur en ohms, telle que le chiffre qui l'exprime soit égal au chiffre qui exprime la surface de la boucle en *décimètres carrés,* l'ampèremètre donnera par simple lecture la valeur du pouvoir électromoteur exprimé en U. M. P.

Avec le dispositif dont je viens de parler, on peut aussi mesurer directement ω et h.

Pour mesurer h, il suffit d'augmenter la self du système dans des proportions telles que r soit négligeable devant la réactance $\omega\mathcal{L}$. La formule (1) devient alors

$$i_{\text{eff.}} = \frac{h}{\mathcal{L}};$$

pour avoir h en *gauss,* il faudra exprimer $i_{\text{eff.}}$ en U. E. M. et $\mathcal{L}$ en centimètres. La grandeur h qu'on mesure ainsi est bien entendu l'intensité moyenne du champ magnétique oscillant.

Pour mesurer ω, il suffirait théoriquement de donner à la résistance du système une valeur telle que sa réactance soit négligeable; mais en pratique ce moyen n'est guère réalisable, car il faudrait introduire des résistances tellement grandes que l'intensité serait rendue si faible qu'il serait difficile de la mesurer par l'ampèremètre employé dans cet appareillage. Il vaut mieux procéder de la façon suivante : on prend deux mesures d'intensité, l'une $i_{1\text{eff.}}$ après avoir introduit dans le circuit une résistance connue appropriée et *sans self* (¹) sans changer la self du système L; on a alors

$$i_{1\text{eff.}} = \frac{\omega h}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}};$$

l'autre, $i_{2\text{eff.}}$, après avoir introduit dans le circuit une self convenable, connue et *sans résistance* (²) sans changer la résistance r du système; on a

$$i_{2\text{eff.}} = \frac{\omega h}{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}};$$

(¹) Par *résistance sans self,* j'entends une résistance telle que sa réactance soit négligeable devant sa résistance réelle.

(²) Par *self sans résistance,* j'entends une self dont la résistance réelle soit négligeable devant sa réactance.

on a alors

$$i_{1\,\text{eff.}}\sqrt{R^2+\omega_2 L^2}=i_{2\,\text{eff.}}\sqrt{r^2+\omega^2 L^2},$$

d'où

$$\omega=\sqrt{\frac{i^2_{1\,\text{eff.}}R^2-i^2_{2\,\text{eff.}}r^2}{i^2_{1\,\text{eff.}}\mathcal{L}^2-i^2_{1\,\text{eff.}}L^2}}.$$

Si par un choix convenable de la self et de la résistance additionnelle employées on a

$$i_{1\,\text{eff.}}=i_{2\,\text{eff.}},$$

la formule se simplifie et devient

$$\omega=\sqrt{\frac{R^2-r^2}{\mathcal{L}^2-L^2}}.$$

MÉDECINE. — *Traitement des radiodermites par l'étincelle de haute fréquence.* Note de M. DE KEATING HART, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie sur une application de la fulguration, c'est-à-dire de l'étincelle de haute fréquence que j'ai eu l'occasion de faire au traitement des radiodermites.

Je ne veux point parler seulement ici d'ulcérations superficielles dues à l'usage des rayons X, mais aussi des lésions les plus profondes, les plus douloureuses et les plus rebelles.

J'ai eu l'occasion de traiter un certain nombre de cas légers, en particulier sur soi-même, en projetant sur la région malade quelques étincelles de haute fréquence, d'une longueur de 3^{cm} à 4^{cm} au plus. Une prompte guérison a toujours et rapidement suivi ces applications relativement peu douloureuses et qui n'exigent pas l'anesthésie générale.

Mais les radiodermites les plus graves et les plus anciennes semblent aussi leur devoir les plus beaux succès. Lorsqu'elles sont étendues et profondes, surchargées d'escharres, il est nécessaire de déterger soigneusement les plaies, en détachant toutes les portions sphacélées ou en voie de nécrose. On fulgure ensuite plus ou moins énergiquement suivant le cas, mais sans dépasser cependant la dose de réaction, et sans chercher par conséquent à produire de la destruction cellulaire.

Aucun des cas ainsi traités par moi n'a résisté au traitement. J'ai vu des mains de radiologistes couvertes de lésions chroniques rebelles, des portions de membres dont les parties molles atteintes se détachaient des os mis à nu, cesser brusquement de faire souffrir les malades, et les pertes de sub-

stances immédiatement recouvertes de bourgeons charnus sains cicatrisant plus vite que les plaies ordinaires.

Des résultats analogues s'observent dans le traitement des plaies torpides de toute nature, par l'étincelle de haute fréquence, et j'aurai prochainement l'occasion de les faire connaître à l'Académie.

MÉDECINE. — *Les centres diaphylactiques*. Note de M. **Pierre Bonnier**, présentée par M. Yves Delage.

On doit admettre aujourd'hui que, pour se défendre contre les agents pathogènes qui l'ont pénétré, l'organisme emploie un procédé de digestion tout à fait comparable à celui qui a pour objet l'alimentation. Dans le cas de la nutrition, des éléments, fixés sur la paroi du tube digestif ou dans des diverticules glandulaires, sécrètent des sucs capables d'attaquer toutes les variétés alimentaires, les absorbent et excrètent à l'intérieur de l'organisme un fluide nourricier dont s'empare la circulation. Dans le cas de la défense organique, il n'y a pas de canalisation ni d'éléments fixés; la défense est, partout, présentée par des éléments mobiles groupés çà et là en des postes ganglionnaires. Ces éléments sécrètent des sucs capables d'attaquer toutes les variétés microbiennes, de les absorber, de les détruire et de ne laisser à la circulation que des résidus excrémentitiels non toxiques.

L'organisme sécrète l'antitoxine appropriée à telle toxine, exactement comme il sécrète le suc digestif approprié à tel aliment. Il y a dans les deux cas une offre spécifique répondant à la demande de l'élément incorporé. Cette digestion du produit dangereux, sa neutralisation, c'est-à-dire la *diaphylaxie*, est une fonction aussi ancienne que la nutrition elle-même; mais celle-ci, visiblement canalisée et distribuée, s'est de bonne heure montrée comme une fonction organisée. L'autre reste diffuse et son mécanisme, par son ubiquité même, est moins apparent.

L'antitoxine ne se produit pas plus spontanément sur place, au contact de la toxine, que le suc digestif ne se crée automatiquement au passage de l'aliment; dans les deux cas il existe une information centripète des centres nerveux, et la sécrétion est la réponse appropriée des centres compétents. Elle n'est spécifique que par cette compétence même des centres.

Ces centres diaphylactiques, centres de défense organique, ont été capitalisés par le bulbe comme les centres digestifs. Certains faits le démontrent.

1° La défense organique peut être, à droite du corps, toute différente de ce qu'elle est à gauche : le bulbe droit, par exemple, faisant faillite sans que le gauche ait faibli. Je choisis cette observation entre de nombreux cas.

Mlle B.... En 1900, entérite muco-membraneuse, douleurs *cæcales*, point pleurétique *droit;* puis une salpingite *droite* s'ouvre dans l'intestin ; douleurs intestinales *droites*, vertige et chute à *droite;* les objets semblent se déplacer *vers la droite*, bourdonnement à *droite;* en 1904, opérée d'une salpingite *droite;* en 1905, d'une *appendicite;* en 1907, bartholinite *droite;* douleurs sus-orbitaires *droites;* en 1908, tourniole à l'index *droit*, etc. Jamais aucun trouble à gauche.

2° Chez bon nombre de malades, nous voyons certains centres bulbaires se prendre l'un après l'autre; par exemple, apparaîtront successivement la glycosurie, la polyurie, la polyphagie, la polydipsie, l'albuminurie, la sécheresse de la gorge, le vertige, l'angine de poitrine, etc.; cet état diabétique pourra durer des années sans que le malade cesse de résister, comme un homme sain, à toute infection, réparant aussitôt la moindre brèche. Puis brusquement apparaîtront soit des gangrènes, soit des furoncles et l'anthrax, soit la tuberculose aiguë. Ces symptômes ont le même mode d'apparition que les symptômes précédents; il s'agit de centres bulbaires faisant faillite à leur tour quand les troubles vasculaires progressifs ont fait, au niveau des centres diaphylactiques, soit de l'ischémie, soit de l'épandage urhydrique comme pour les autres noyaux bulbaires.

3° Une cautérisation minime de la muqueuse nasale, par l'intermédiaire du trijumeau, peut, entre autres noyaux bulbaires, aller réveiller certains centres diaphylactiques de leur torpeur et rétablir subitement leur équilibre fonctionnel. J'ai vu ainsi des rhinites, des otites, des bronchites, des pharyngites, des entérites, des leucorrhées disparaître en quelques jours à la suite d'une cautérisation nasale, et qui avaient souvent, pendant des années, résisté à tout traitement.

Il est vraisemblable que l'action spécifique de certains sérums a avant tout pour effet de neutraliser momentanément la sidération que la toxine produit sur les centres en question et de permettre à ceux-ci de se redresser. Il en est de même pour les sérums non spécifiques et l'action chimique est ici simplement dilutive. Quel que soit le procédé de libération des centres de défense, sérum spécifique ou non, excitation directe du bulbe par l'intermédiaire du trijumeau nasal ou de tout autre point de la périphérie, l'effet est toujours de permettre à ces centres de mobiliser les éléments sécréteurs d'antitoxine et d'activer la digestion des agents pathogènes.

PSYCHOLOGIE ANIMALE. — *Sens de l'orientation et mémoire topographique de la patelle.* Note de M. **H. Piéron**, présentée par M. E. Perrier.

On sait que la patelle (*Patella vulgata* L.) occupe sur les rochers où elle est fixée une place remarquablement constante. Et comme, d'autre part, elle déambule parfois à la recherche de sa nourriture, on a généralement admis qu'elle devait être capable de retrouver sa place un moment abandonnée.

J'ai effectué l'été dernier, au laboratoire maritime du Muséum, à l'île de Tahitou et à Royan (Charente-Inférieure), de nombreuses observations et une cinquantaine d'expériences qui m'ont permis d'élucider le problème du « sens du retour » chez la patelle, qui ne peut être étudiée avec fruit à ce point de vue que dans son habitat.

I. En premier lieu, la place occupée par une patelle est réellement fixe; cela est particulièrement net pour les individus qui sont situés sur des surfaces couvertes de Balanes (*Balanus balanoides* L.), où ils occupent des places relativement lisses, les bords de la coquille s'adaptant exactement aux sinuosités des têts de balanes qui les entourent, pendant que de jeunes balanes viennent recouvrir la coquille, dissimulant souvent la patelle quand celle-ci est au repos. Et, en second lieu, les patelles quittent bien leur place, à assez longs intervalles (plusieurs jours), pour aller brouter des algues sur les rochers, soit surtout à mer basse (rochers du Rhun), soit particulièrement à mer haute (parois rocheuses de Pontaillac), et s'en éloignent à une distance qui peut atteindre, en certains cas, 50^{cm}, les déplacements, très lents, durant en général plusieurs heures.

II. Une patelle qui revient à sa place suit au retour le même chemin qu'à l'aller; elle commence par tourner sur elle-même de 180°, et, arrivée à la région lisse qu'elle occupe habituellement, elle se retourne d'un certain angle, reprenant exactement sa place, avec une orientation identique, ce qui permet aux indentations du bord de la coquille de s'adapter exactement aux aspérités du rocher et des balanes les plus voisines.

III. Il existe chez la patelle une mémoire des mouvements effectués, en particulier par rapport à l'action de la pesanteur. En effet, si l'on retourne une patelle remontant ou descendant sur une paroi verticale ou oblique, on la voit bientôt reprendre par une rotation spontanée sa direction première. Si l'on barre sa route avec des obstacles divers, si l'on enduit par exemple le rocher de mastic, elle passe outre, traversant le mastic ou le repoussant et le grattant au passage. Enfin, si l'on transporte une patelle au delà de sa place, lorsqu'elle est près d'y arriver, elle commence par continuer son chemin comme si elle se trouvait encore en deçà.

IV. La patelle fixée sur des rochers à surface couverte d'aspérités a une mémoire

précise de la topographie détaillée de sa place. En effet, si on l'en retire, et si on la met à côté, ou à cheval sur sa place et sur les environs, elle ne tarde pas à reprendre exactement sa situation habituelle, bien que ne puisse plus intervenir la mémoire des mouvements effectués pour la quitter. Il en est de même si l'on modifie le relief de tous les environs immédiats de sa place, et en particulier si l'on établit, tout autour, une région de balanes et d'aspérités marquantes de manière à la rendre d'aspect très semblable à celui de la place de la patelle. Il en est encore de même si l'on modifie le relief de la place en question à coups de marteau. Si l'on couvre l'emplacement de mastic, de débris de coquilles, d'algues, la patelle nettoie son emplacement et reprend exactement sa situation habituelle. Si l'on change complètement le relief de la place, en respectant les environs, sauf le pourtour immédiat, la patelle se refixe à sa place, mais sans occuper exactement la même situation. Si l'on modifie complètement le relief de la place et des environs, la patelle ne retrouve plus son emplacement et se fixera à côté. Enfin la mémoire du relief est bien réelle, et les faits ne peuvent être expliqués par l'adaptation aux aspérités des indentations du bord de la coquille, car, si l'on modifie le relief du pourtour, ou si l'on brise irrégulièrement le bord de la coquille, bien que l'adaptation ne se fasse plus du tout entre la coquille et le rocher, cependant la patelle retrouve exactement sa situation habituelle (repérée avec des traits de couleur sur la coquille correspondant à des points éloignés sur le rocher).

V. La patelle montre également une mémoire des environs immédiats de sa place. Lorsqu'on l'enlève pour la mettre à des distances plus ou moins grandes de son emplacement, elle retrouve rapidement ce dernier lorsqu'elle n'en est pas éloignée de plus de 5^{cm} à 10^{cm}; au delà de 20^{cm} elle s'égare toujours; la connaissance des environs n'est pas égale dans toutes les directions, elle est plus précise dans le sens des déplacements habituels de la patelle.

VI. La patelle a également la mémoire topographique du chemin parcouru au point de vue des accidents et du relief. Lorsqu'on gratte les balanes sur son chemin de retour, qu'on change les aspérités rocheuses à coups de marteau, qu'on apporte du sable, des débris de coquilles ou qu'on enduise la roche de mastic, elle finit toujours par passer outre, mais elle s'arrête d'abord, et explore à droite et à gauche à plusieurs reprises, comme pour rechercher son chemin; puis, après quelques oscillations, elle revient délibérément au point où elle s'était arrêtée et passe enfin. On ne peut donc invoquer pour le retour l'existence d'une piste olfactive, puisque la patelle peut revenir à sa place grâce à la mémoire musculaire. Et son arrêt ne paraît jamais dû qu'aux modifications du relief, et non à l'interruption d'une piste, car des lavages très soigneux du chemin du retour restent sans effet, et d'ailleurs le retour s'effectue même lorsque la mer est haute et qu'il ne pourrait guère alors y avoir d'influence olfactive locale.

VII. Bien que les antennes paraissent jouer un rôle extrêmement important dans l'exploration du relief, elles n'interviennent certainement pas seules, car, même après section des antennes, une patelle a pu reprendre exactement sa place; les données tactiles pédieuses doivent donc intervenir dans la mémoire pour assurer une connaissance du relief topographique.

VIII. Enfin, une patelle déplacée, qui s'était fixée sur un nouvel emplacement, avait

adapté par usure le bord de sa coquille aux nouvelles aspérités rencontrées et avait appris à regagner cette nouvelle place lorsqu'elle se trouvait dans les environs immédiats, remise après un intervalle de 15 jours aux environs de sa place primitive, a su retrouver cet ancien emplacement et y reprendre sa situation exacte, bien que les indentations de sa coquille ne correspondissent plus aux aspérités initiales. Ce fait prouve donc une persistance notable, chez la patelle, de la mémoire topographique de sa place et de ses environs immédiats.

C'est la première fois que, chez un animal appartenant à un rang aussi peu élevé que celui des Gastéropodes, ont pu être mis en évidence des phénomènes indéniables de mémoire sensorielle, mémoire sensorielle qui est, chez la patelle, particulièrement fine, particulièrement précise, et qui paraît aussi particulièrement durable.

PALÉONTOLOGIE. — *Étude sur la répartition géologique des Bryozoaires.* Note de M. **Ferdinand Canu**, présentée par M. Henri Douvillé.

Dans la classe des Bryozoaires, les Cyclostomes et les Cheilostomes seuls laissent des traces fossiles.

Les Cyclostomes, par leur morphologie et leurs larves, sont les plus simples. Ils abondent dans les terrains primaires; ils atteignent leur apogée et leur ultime perfectionnement dans le Crétacé; ils décroissent depuis lors. Leurs *organes de respiration* sont relativement peu développés. Les Cheilostomes, au contraire, sont admirablement organisés pour cette fonction : l'aplatissement de la cellule (*zoécie*), la longueur et le nombre des tentacules, l'abondance des épines, la multiplication des pores auxquels correspondent dans la cavité viscérale des amas de leucocytes sphérulaires, les rendent particulièrement aptes à s'emparer de l'oxygène. Ils débutent à l'aurore de l'ère secondaire; leur nombre croît sans cesse; ils supplantent les Cyclostomes dès l'Éocène; ils sont actuellement en plein épanouissement spécifique et numérique. Or, l'oxygène dissous dans l'eau est en rapport avec la pression atmosphérique. L'évolution générale des Bryozoaires s'est donc opérée comme si cette pression était plus forte pendant l'ère primaire qu'elle ne l'est actuellement.

Dans chaque cellule, la rentrée et la sortie de l'animal (*Bryozoïde*) s'exécutent, le plus souvent, par le moyen d'un *système hydrostatique*. Les Cyclostomes, plus anciens, en sont dépourvus et leur ouverture, non operculée, reste sans modifications.

Dans les Cheilostomes, il s'est lentement perfectionné dans la suite des temps. Sa

forme la plus simple, l'*hypostège* (¹), est celle des premières Flustrines, peut-être apparues dès la fin des temps primaires. Les Onychocellidées, dont le cryptocyste est calcifié, apparaissent dans le Bathonien; ils ont un magnifique développement dans le Crétacé; ils s'éteignent depuis lors et il n'en reste pas dix espèces. Les Opesiulidées sont des formes perfectionnées par la présence de muscles spéciaux attachés à l'ectocyste membraneux et traversant le cryptocyste par de très petits pores ou *opésiules*. Les formes les plus simples (*Rosseliana, Rhagasostoma*) apparaissent dans le Turonien; les formes à opésiules distinctes dans le Maestrichtien; celles à zoécies dimorphes (*Micropora, Gaudryanella*) dans l'Éocène inférieur; et les formes si compliquées des *Steganoporella* dans le Miocène austral. Les Escharines, rarement munies d'hypostège, ont un système hydrostatique interne, une sorte de sac, la *compensatrice,* dont la place de la petite ouverture est la cause d'une différenciation orale très intense. Les plus simples, les Lépraliidées, apparaissent dans le Crétacé supérieur. Les Schizoporellidées, les Smittidées plus compliquées, débutent dans l'Éocène. Les Umbonulidées s'épanouissent dans le Miocène. Les formes actuelles sont aussi variées que perfectionnées (²).

Envisageons les différents organes de la colonie (*zoarium*). Soumis à la blastogenèse, les Bryozoaires en suivent la loi générale : multiplication des parties homologues (zoécies), différenciation de ces parties (1 cavité d'incubation, 2 avicellaires, 3 fibres radiciformes, 4 épines), et, plus rarement, transformation en organes nouveaux et distincts.

1. La *génésie*, simple cellule modifiée, est le type le plus élémentaire de cavité d'incubation de la larve. Elle est générale dans les Cyclostomes; quelques Diastopores bathoniens en présentent un léger perfectionnement. Celle des Éléidées, exclusivement crétacées, se rapprochent du type *Crisia* (Éocène), assez spécialisé par la présence de certains téguments internes. Les Cheilostomes eschariens à génésies (Adéonées) prédominent de beaucoup dans l'Éocène (³). Les autres sont pourvus de l'*ovicelle* normale qui résulte du bourgeonnement de deux cellules (⁴), et ils ne s'épanouissent guère qu'à partir de l'Oligocène.

(¹) Le revêtement extérieur, chitineux ou calcaire, de la cellule est l'*ectocyste*. Il est simple ou double. Quand il est double, les deux feuillets sont séparés par une cavité spéciale, l'*hypostège*. Le feuillet interne est le *cryptocyste;* il est souvent calcaire et conservé sur les fossiles.

(²) S. Harmer, *Quarterly Journal of Science,* 1902. — Levinsen, *Vidensk. Medd. fra den Naturh. Foren i Kjobenhavn,* 1902. — W. Waters, *Challenger Reports,* 1888.

(³) F. Canu, *Annales de Paléontologie,* t. III, 1908.

(⁴) Calvet, *Contribution à l'Histoire naturelle des Bryozoaires ectoproctes marins.* Montpellier, in-8°; 1900.

2. La différenciation entre la zoécie et l'*avicellaire* est graduelle et la divergence augmente avec le temps dans la descendance générale. Ainsi l'avicellaire prend d'abord la place d'une zoécie et il est si peu différencié de cette dernière, qu'il se modifie dans le même sens qu'elle (1). Il devient ectocystal dans le Sénonien; il reste sessile dans l'Éocène; continuant à se perfectionner, il se fixe dans sa position, son individualité augmente par l'articulation lors du Tortonien, et il atteint son plus haut degré de différenciation dans les Bugules actuelles.

3. Les *fibres radiciformes* ne laissent aucune trace fossile. Mais les analogies zoariales en révèlent l'existence. Elles apparaissent dans l'Éocène simultanément dans les Cyclostomes (*Crisia*) et dans les Cheilostomes (*Tubucellaria, Scrupocellaria*).

4. Les *épines* sont de simples évaginations épidermiques. Leur développement excessif et particulier caractérise la famille des Costulidées. Les formes simples débutent dans le Cénomanien ; les plus compliquées (*Steginopora*) qui caractérisent l'Aturien et le Maestrichtien s'éteignent rapidement. Malgré la soudure finale des costules dans les genres *Colletosia* (Tortonien) et *Scorpiodina* (Plaisancien), la famille est en pleine décadence ; les formes simples et cosmopolites subsistent seules.

Ainsi, dans la descendance générale, les différenciations successives s'accentuent sans cesse et les variations deviennent plus nombreuses. Les unes et les autres sont autant de moyens d'adaptation aux conditions extérieures.

En résumé, chaque époque géologique est marquée par un perfectionnement morphologique, ou par une différenciation capitale, ou par l'apparition d'une nouvelle famille, ou par l'extinction d'une autre (2), ou par le développement extrême d'un groupe particulier, en un mot par une phase particulière d'évolution. De sorte que *l'examen d'une faune fossile permet d'en déterminer la date géologique.*

Cette conclusion, en parfait accord avec nos connaissances sur les autres animaux, rend incontestable l'importance paléontologique des Bryozoaires.

---

(1) F. Canu, *Bull. Soc. géol. France,* 3e série, t. XXVIII, 1900.

(2) D'après Ulrich (*On lower silurian Bryozoa in Minnesota,* 1893), les Monticuliporidées, les Hétérotrypidées sont ordoviciennes. Le sous-ordre entier des Cryptostomata, presque exclusif dans le Carbonifère, s'éteint définitivement dans le Permien.

M. René Arnoux adresse une Note intitulée : *Sur l'équilibre dynamique des aéroplanes.*

M. Edmond Seux adresse une Note intitulée : *Sur l'utilité du gouvernail de profondeur dans les aéroplanes.*

(Ces deux Notes sont renvoyées à l'examen de la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 22 février 1909.

Commemorazione di Alberto Gaudry, letta alla R. Academia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli, dal Socio Francesco Bassani. Naples, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Notice sur les travaux scientifiques, publications et titres de M. E. Jungfleisch. Paris, Gauthier-Villars, 1907; 1 fasc. in-4°.

Supplément à la Notice sur les travaux scientifiques de M. E. Jungfleisch. Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 fasc. in-4°.

Recueil d'Œuvres de Léo Errera : *Botanique générale;* t. I et II. — *Mélanges :* Vers et prose. Bruxelles, H. Lamertin, 1908; 3 vol. in-8°. (Hommage de Mme Léo Errera.)

Notice sur Léo Errera, par Léon Fredericq et Jean Massart. Bruxelles, Hayez, 1908; 1 vol. in-12.

Les phénomènes de température dans les tourbillons et en particulier dans la haute atmosphère, par Marc Dechevrens. Rome, 1908; 1 fasc. in-4°.

El problema de la curación de la tuberculosis en los actuales momentos, discurso leido en la sesión inaugural de la Real Academia de Medicina de Zaragoza en el año 1909, por Dr don Vincente Lafuerza Erro. Saragosse, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

The instruments and methods of research, by L.-A. Bauer. (Philosophical Society of Washington : *Bulletin,* t. XV, p. 103-126.) Washington, 1908 ; 1 fasc. in-8°.

Inheritance in silkworms, I, by VERNON-L. KELLOGG. (*Leland Stanford junior University publications.* University series, n° 1.) San-Francisco, 1908; 1 fasc. in-8°.

Triassic Ichthyosauria, with special reference to american forms, by JOHN-C. MERRIAM. (*Memoirs of the University of California,* t. I, n° 1.) Berkeley, 1908; 1 vol. in-4°.

The American of Mechanical Engineers Transactions, t. XXIX. *Indianapolis meeting, New-York meeting,* 1907. New-York, 1908; 1 vol. in-8°.

Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, fisicas y naturales de Madrid, t. XXVI, fasc. 1 et 2. Madrid, 1908; 2 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 18 janvier 1909.)

Note de M. *R. Minkiewicz,* L'induction successive des images colorées, etc.:

Page 185, ligne 9, *au lieu de* couleur supplémentaire, *lisez* couleur complémentaire.

Même page, ligne 4 en remontant, *au lieu de* sensations intérieures, *lisez* sensations antérieures.

Page 186, ligne 8, *au lieu de* chromatropisme, *lisez* chromotropisme.

(Séance du 25 janvier 1909).

Note de M. *Pantel,* Sur l'unification du nombre de segments dans les larves des Muscides :

Page 233, ligne 7 en remontant, *au lieu de* un nombre assez élevé, *lisez* un nombre aussi élevé.

Page 235, ligne 3, *au lieu de* c'est elle, *lisez* c'est celle.

Page 236, ligne 6, *au lieu de* groupes sénocytiques, *lisez* groupes œnocytiques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er MARS 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Ed. Bornet** fait hommage à l'Académie de *Papiers* de Bory de Saint-Vincent, Correspondant, puis Membre libre de l'Académie des Sciences, et de la *Correspondance*, comprenant 77 pièces, de Léon Dufour avec Bory de Saint-Vincent, du 24 novembre 1802 au 28 mai 1821.

Tous ces documents proviennent des Papiers de Bory, achetés avec son herbier par G. Thuret.

L'Académie remercie M. Bornet des dons précieux qu'il lui a faits à diverses reprises et qui figureront avec honneur dans ses Archives.

PHYSIQUE. — *Sur l'effet présumé de la cristallisation pour modifier les propriétés de la solution d'un corps résultant de l'union directe de deux solutions.* Note de **M. D. Gernez.**

Lorsqu'un corps composé résulte de l'union directe de deux corps dissous, sa solution conserve-t-elle les mêmes propriétés, quand on l'examine immédiatement après le mélange des deux solutions et après avoir fait passer par l'état cristallisé le composé formé ?

Telle est la question que s'est posée jadis un très ingénieux chercheur. Pour y répondre, il a estimé que les corps doués du pouvoir rotatoire se prêteraient à l'élucider et il a opéré sur les tartrates alcalins dont les solutions sont susceptibles de donner facilement des sels doubles magnifiquement cristallisés.

1° Il a réalisé, sous le même volume, des solutions aqueuses équimoléculaires de tartrate neutre droit de sodium et de tartrate neutre droit d'ammonium. Il a mesuré la rotation du plan de polarisation produite par ces solutions observées dans le même tube, pour des rayons lumineux de même longueur d'onde, et il a trouvé, pour la solution de tartrate de sodium, une rotation de 23°,6 et, pour la solution de tartrate d'ammonium, une rotation de 31°,1.

Il mélangea volumes égaux de ces dissolutions, constituant ainsi un liquide ayant la composition du tartrate double de sodium et d'ammonium, et mesura la rotation produite par cette solution; dans le même tube et pour les mêmes rayons lumineux, elle fut de 27°,4, c'est-à-dire presque rigoureusement égale à la moyenne des rotations produites respectivement pour les deux tartrates, $\frac{23°,6 + 31°,1}{2} = 27°,35$.

D'autre part, il fit une solution de tartrate double droit de sodium et d'ammonium *cristallisé* dans la quantité d'eau strictement nécessaire pour qu'elle eût une composition identique à celle de la solution précédente. Placée dans le même tube, observée dans le même appareil, elle a produit sur les mêmes rayons lumineux une rotation de 23°,27, *inférieure* de 4°,13 à celle produite par le mélange.

L'auteur a conclu de ce résultat que le fait pour le mélange des deux tartrates d'avoir cristallisé avait cimenté l'union des deux corps, restés jusque-là à l'état de mélange, et en avait fait un corps capable de se dissoudre dans l'eau sans perdre son individualité, qui restait caractérisée par une action rotatoire plus petite de $\frac{1}{6,63}$, soit plus de 15 pour 100 de la valeur de celle qu'exerçait le liquide mixte initial.

2° Une expérience de même genre a été faite avec les solutions aqueuses des tartrates neutres droits de sodium et de potassium contenant, sous le même volume, des multiples égaux des poids moléculaires des deux sels. Les rotations observées dans le même tube, à la même température et pour les mêmes rayons lumineux ont été 23°,6 pour la solution de tartrate de sodium et 30°,5 pour la solution de tartrate de potassium.

Le mélange, à volumes égaux, des deux solutions a déterminé, dans les mêmes conditions, une rotation de 26°,67, nombre que l'auteur considère comme représentant sensiblement la moyenne $\frac{23°,6 + 30°,5}{2} = 27°,05$ des rotations respectives observées avec les deux tartrates.

D'autre part, on a pesé un poids de tartrate double droit de sodium et potassium (sel de Seignette) cristallisé, et on l'a dissous dans le poids d'eau nécessaire pour réaliser une solution qui eût la même composition que le mélange des deux tartrates. On l'a observée dans le même tube et sous les mêmes conditions, et l'on a trouvé une rotation qui, au lieu d'être 26°,67, était 30°,3, *supérieure* de 3°,63, c'est-à-dire de $\frac{1}{7,35}$ ou de 13,6 pour 100 de la rotation produite par le mélange.

L'auteur conclut de ce résultat que le fait, pour le mélange des deux tartrates, d'avoir pris la forme cristalline, par séparation du dissolvant, a con-

stitué le sel double dans un état d'équilibre moléculaire assez stable pour persister même après sa dissolution et qui est caractérisé par un pouvoir rotatoire supérieur à celui du mélange des sels constituants.

Ces expériences datent d'une soixantaine d'années; leur auteur ne les a pas réitérées et il n'est pas à ma connaissance qu'elles aient été répétées depuis. A cette époque on mesurait les pouvoirs rotatoires avec des appareils d'une sensibilité médiocre. De plus, il m'a semblé qu'une objection grave permettait de mettre en doute les résultats annoncés. En effet, l'auteur constitue deux solutions équimoléculaires de deux tartrates, mesure l'action d'une même colonne de ces liquides sur la lumière polarisée, en fait le mélange à volumes égaux et constate que, dans les mêmes conditions, son action est la moyenne des rotations observées. Alors, au lieu d'opérer sur la même matière première, il l'abandonne et constitue, avec les cristaux du sel double, formé par les deux tartrates, tirés d'un flacon, une solution aqueuse de même composition que le mélange des deux solutions sur lequel il a opéré, et compare l'action de cette solution au résultat obtenu avec le mélange. Il est clair que la solution de ces cristaux ne contient pas des matériaux identiques à celle du mélange : ces cristaux peuvent n'être pas purs. Il en est de même des tartrates qui entrent dans la composition du mélange; de plus, une erreur a pu se produire dans les pesées et ces diverses causes peuvent se traduire par des différences constatées dans le résultat final des expériences.

Ces considérations m'ont déterminé à les reprendre avec les moyens plus précis de mesure dont nous disposons actuellement et en évitant la cause d'erreur que je viens de signaler.

A cet effet, j'ai préparé des solutions équimoléculaires des deux tartrates; j'en ai mesuré l'action sur la lumière polarisée émise par la flamme du sodium dans un tube de $201^{mm},5$ qui a servi à toutes les mesures. J'ai fait ensuite un mélange à volumes égaux des deux tartrates et j'ai mesuré la rotation du plan de polarisation qu'il produisait. C'est le contenu du tube que j'ai fait cristalliser. Je reçois le liquide dans une capsule de porcelaine, je rince à l'eau distillée les parois intérieures du tube, à plusieurs reprises, et j'ajoute ce liquide à la solution. J'introduis alors la capsule sous une cloche à côté d'un cristallisoir, rempli au tiers d'acide sulfurique, et je raréfie l'air sous la cloche jusqu'à la pression de 25 à 30^{mm}. La solution s'évapore lentement, des cristaux se montrent, grossissent et, à la température de 16°, la cristallisation est complète en 24 heures. Je retire alors la capsule, j'ajoute de l'eau distillée peu à peu en agitant les cristaux pour en faciliter la solution à la température ordinaire. Je verse la solution dans le tube qui sert à l'observation optique, je rince plusieurs fois la capsule à l'eau distillée et j'ajoute cette eau à la solution, j'achève de remplir avec de l'eau distillée et je ferme le tube. Je retourne un grand nombre de fois le tube bout pour

bout, afin de mélanger les couches liquides d'inégale densité qu'il contient, et je procède à l'observation optique. De cette manière, les deux observations faites sur le mélange des deux tartrates et sur la solution des cristaux qui en proviennent sont tout à fait comparables.

Voici les résultats des expériences :

	Rotation.
11g,500 dissous dans l'eau pour faire 40cm³ : Tartrate neutre de sodium	14°.33′
9g,200 » » » » d'ammonium..	16.24
Moyenne..........................	15.28
Mélange des deux solutions	15.28
Après cristallisation	15.28
Température : 15°.	
11g,500 dissous dans l'eau pour faire 40cm³ : Tartrate neutre de sodium	14.39
11g,310 » » » » de potassium..	16. 3
Moyenne..........................	15.22
Mélange des deux solutions..	15.24
Après cristallisation...	15.23
Température : 20°.	

Ces résultats montrent que l'influence présumée de la cristallisation pour déterminer un changement du pouvoir rotatoire du mélange des deux tartrates n'existe pas. C'est la conséquence que l'on doit aussi tirer des expériences suivantes :

Tartrate de sodium : 11g,500, additionnés de 36g d'eau;
Tartrate d'ammonium : 9g,200, additionnés de 36g d'eau.

	Rotation.
Mélange des deux solutions..	16°. 1′
Après cristallisation...	16. 0

Tartrate de sodium : 11g,500, additionnés de 35g d'eau;
Tartrate de potassium : 11g,310, additionnés de 35g d'eau.

Mélange des deux solutions..	15.33
Après cristallisation...	15.32

Je me suis assuré du reste que le temps pendant lequel le sel double restait cristallisé n'avait aucune influence sur le phénomène. La solution des cristaux, faite plusieurs jours après la cristallisation, donnait les mêmes nombres que celle de la solution du mélange avant la cristallisation.

De même, j'ai constaté que l'influence d'une deuxième cristallisation subie par la solution déjà cristallisée est nulle.

J'ajouterai que j'ai recherché s'il ne se produisait pas dans les solutions étudiées quelques particularités analogues aux phénomènes de multirotation que présentent plusieurs hydrates de carbone. En faisant les mélanges des solutions très rapidement et observant, immédiatement après, la rotation, je n'ai jamais rien observé d'analogue; la rotation prenait aussitôt sa valeur définitive.

J'ai cherché enfin si la cristallisation d'autres composés chimiques avait le pouvoir de modifier les propriétés des combinaisons produites entre deux corps en solution, et j'ai étudié sous ce rapport les combinaisons formées par l'union directe des solutions alcalines avec les solutions d'acide tartrique, employées en proportions convenables pour produire les tartrates neutres.

J'ai dissous respectivement dans 20g d'eau 5g,600 d'acide tartrique et 3g,520 de soude caustique; j'ai mélangé les deux dissolutions. Observé à 19°, le mélange a produit une rotation de 12°43'. La solution, évaporée dans le vide, complètement cristallisée, puis redissoute, amenée au même volume dans le même tube, produisit une rotation de 12°44'.

De même j'ai dissous respectivement, dans 25g d'eau, 7g,393 d'acide tartrique et 5g,530 de potasse caustique. Le mélange des deux solutions a produit une rotation de 6°21', et, après cristallisation du tartrate, sa solution a produit une rotation de 6°22'.

Dans ces circonstances encore l'influence de la cristallisation a été nulle, en ce qui concerne le pouvoir rotatoire de la combinaison.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les Concours de l'année 1909.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix Saintour. — MM. Darboux, Poincaré, Zeiller, A. Lacroix, Douvillé, le prince Roland Bonaparte, Wallerant.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Ph. van Tieghem, Émile Picard.

Prix Jean-Jacques Berger. — MM. de Freycinet, Maurice Levy, Darboux, Troost, Cailletet, Émile Picard, Alfred Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Michel Lévy, Carnot.

Prix Pierson-Perrin. — MM. Maurice Levy, Boussinesq, Lippmann, Amagat, Violle, Vieille, Villard.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Poincaré, Léauté.

Prix Parkin. — MM. Chauveau, Bouchard, Gautier, Michel Lévy, d'Arsonval, Roux, Dastre.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Laveran, Delage.

L'Académie procède également, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission chargée de présenter une *Question de Prix Bordin* (Sciences physiques) pour l'année 1912.

Le dépouillement du scrutin donne le résultat suivant :

MM. Ph. van Tieghem, Schlœsing, Troost, Bornet, Bouchard, Perrier, Michel Lévy.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Gautier, Guignard.

PLIS CACHETÉS.

M. **Armand Billon-Daguerre** demande l'ouverture d'un pli cacheté déposé par lui dans la séance du 7 janvier 1907 et inscrit sous le numéro 7180.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note dont voici un extrait :

Procédé physico-chimique de stérilisation à froid et à distance.

Nous avons pensé à utiliser l'action microbicide des rayons violets, ultraviolets, et aussi des radiations invisibles, telles que celles des rayons X, des rayons cathodiques, du radium, etc.

Cette méthode a l'avantage de stériliser à *froid* et à *distance*.

Avec une lampe à arc, un courant de 15 ampères et 50 volts, nous pouvons tuer le *Staphylococcus* pyogène *aureus* en 5 ou 6 secondes seulement.

Ici, nous exposons seulement le *principe* de l'application et de l'utilisation des radiations précitées, pour stériliser, sans décrire les appareils employés.

A titre d'exemple, nous indiquons que nous avons obtenu de bons résultats :

1° En faisant couler le lait lentement sur une table en glace légèrement

inclinée, les rayons étant émis par une lampe à arc placée au-dessus de la table, la lampe à électrodes spéciales donnant le violet;

2° En plaçant le lait dans des vases en *verre violet* de tonalité déterminée, et en les exposant à la lumière blanche;

3° Nous avons constaté que le maximum de rapidité et d'activité de l'action microbicide est atteint en décomposant la lumière blanche par un prisme.

CORRESPONDANCE.

M. P. Blaserna, Président de l'Académie royale des Lincei, Directrice de l'Association internationale pour la période triennale 1908-1910, fait savoir à l'Académie que le Comité de cette Association se réunira à Rome les 1er, 2 et 3 juin 1909, au Palais Corsini.

M. le Ministre de l'Instruction publique transmet à l'Académie l'invitation que lui a adressée le Gouvernement anglais à se faire représenter au Congrès de Chimie appliquée qui se tiendra à Londres, du 27 mai au 2 juin 1909.

MM. A. Gautier, Haller et H. Le Chatelier, délégués pour représenter l'Académie au Congrès, seront également désignés à M. le Ministre de l'Instruction publique.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants:

1° *Flore des Basses-Pyrénées,* par Jean Bergeret (1751-1813), augmentée par Eugène Bergeret (1799-1868). Nouvelle édition, publiée par Gaston Bergeret.

2° *Le Jurassique inférieur et moyen de la bordure nord-est du bassin de Paris,* par M. Henri Joly. (Présenté par M. Michel Lévy.)

3° Le Tome XXI du *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Autun.* (Présenté par M. Michel Lévy.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la fonction monogène d'une variable hypercomplexe dans un groupe commutatif.* Note de M. **Léon Autonne**, présentée par M. Jordan.

Si, dans un groupe (ε), aux n symboles

$$\varepsilon_\alpha(\alpha, \beta, \gamma, \rho, \ldots = 0, 1, \ldots, n-1),$$

on prend deux quantités hypercomplexes

$$x = \sum_\beta \varepsilon_\beta x_\beta, \qquad y = \sum_\alpha \varepsilon_\alpha y_\alpha,$$

variables avec les variables ordinaires x_β et y_α, et si l'on fait

$$y_\alpha = y_\alpha(x_0, \ldots, x_{n-1}),$$

on peut dire que $y = f((x))$ est une fonction de la variable hypercomplexe x. Quand le groupe n'est pas commutatif, la monogénéité, pour la fonction y, se trouve remplacée par un ensemble de propriétés que j'ai déjà étudiées (*Comptes rendus* du 28 mai 1906; *Journal de Mathématiques*, 1907 : *Sur les propriétés qui, pour les fonctions d'une variable hypercomplexe, correspondent à la monogénéité*). Dans un groupe commutatif, la définition ordinaire de la monogénéité subsiste :

$$dy = \sum_\alpha \varepsilon_\alpha \, dy_\alpha = y' \, dx,$$

où

$$dx = \sum_\beta \varepsilon_\beta \, dx_\beta,$$

y' étant un nombre pris dans le groupe. J'ai construit l'expression générale de la fonction monogène $y = f((x))$.

D'abord, utilisant plusieurs théorèmes de M. Cartan (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1898 : *Sur les groupes bilinéaires et les systèmes de nombres complexes*), je ramène le problème au cas où les $n = m + 1$ symboles suivent les règles suivantes de la multiplication :

$$\varepsilon_0^2 = \varepsilon_0, \qquad \varepsilon_0 \varepsilon_\alpha = \varepsilon_\alpha \varepsilon_0 = \varepsilon_\alpha;$$
$$\varepsilon_\beta \varepsilon_\gamma = \varepsilon_\gamma \varepsilon_\beta = \sum_\rho \varepsilon_\rho a_{\rho\beta\gamma}, \qquad a_{\rho\beta\gamma} = a_{\rho\gamma\beta};$$

$a_{\rho\beta\gamma} = 0$ pour $\rho \leqq \beta$ et $\rho \leqq \gamma$.

Si l'on pose alors

$$t = \varepsilon_1 x_1 + \ldots + \varepsilon_m x_m, \qquad u = \sum_\alpha \varepsilon_\alpha u_\alpha,$$

u_α étant fonction de x_0 seule, on a la formule générale très simple

$$y = \sum_{\gamma=0}^{\gamma=m} \frac{t^\gamma}{\gamma!} \frac{d^\gamma u}{dx_0^\gamma};$$

$t^\mu = 0$ pour $\mu > m$.

y et u se définissent mutuellement sans ambiguïté, et l'on écrira

$$y = \Phi(u).$$

La différentiation par rapport aux variables ordinaires $x_0, \ldots, x_m$ n'altère pas la monogénéité; on a

$$\frac{\partial^h y}{\partial x_0^{\rho_0} \ldots \partial x_m^{\rho_m}} = \sum_\alpha \varepsilon_\alpha \frac{\partial^h y_\alpha}{\partial x_0^{\rho_0} \ldots \partial x_m^{\rho_m}} = \varepsilon_1^{\rho_1} \ldots \varepsilon_m^{\rho_m} \Phi\left(\frac{d^h u}{dx_0^h}\right)$$

$$(h = \rho_0 + \rho_1 + \ldots + \rho_m).$$

y possède, par rapport à la variable hypercomplexe x, une dérivée y', définie par $dy = y'\, dx$, et des dérivées de tous ordres

$$y^{(p)} = \frac{d^p y}{dx^p} = \frac{\partial^p y}{\partial x_0^p} = \Phi\left(\frac{d^p u}{dx_0^p}\right).$$

y possède aussi une fonction primitive

$$z = \Phi\left(\int u\, dx_0\right),$$

telle que

$$\frac{dz}{dx} = y.$$

On a

$$\frac{\partial(y_0, \ldots, y_m)}{\partial(x_0, \ldots, x_m)} = x_0^{m+1}.$$

L'inversion de la fonction y est possible dès que $u_0(x_0)$ n'est pas une constante. Alors

$$y_0 = u_0(x_0), \qquad x_0 = v_0(y_0), \qquad x = \Phi(v).$$

La présente Note donne un exemple de recherches dans un *domaine hyperorthoïde* au sens de M. König (*Einleitung in die allgemeine Theorie der algebraischen Grössen*, p. 148). Ce domaine est constitué par les nombres x du groupe (ε). Les nombres x, où $x_0 = 0$, sont les *diviseurs de zéro*, au sens de M. König, et des nombres *pseudo-nuls* de M. Cartan.

PHYSIQUE. — *Sur l'hypothèse des électrons positifs. Réponse à la Note de M. A. Dufour.* Note de M. **Jean Becquerel**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note publiée dans le dernier numéro des *Comptes rendus*, M. A. Dufour croit démontrer l'inexactitude de l'hypothèse des électrons positifs, au moyen de laquelle j'ai interprété mes expériences sur certains rayons positifs déviables dans un tube à gaz raréfié [1].

Bien que le tube employé par M. Dufour soit semblable à celui dont je me suis servi, M. Dufour ne s'est pas placé dans les conditions de mes expériences et l'interprétation qu'il donne ne peut s'appliquer aux effets que j'ai observés.

M. Dufour commence par dévier notablement, en l'amenant au point T, le faisceau cathodique provenant de la cathode principale c; il crée ainsi une dissymétrie que je me suis toujours efforcé d'éviter : j'ai même particulièrement insisté [2] sur la nécessité de réaliser un faisceau cathodique reliant la cathode principale c à la petite cathode secondaire c'. J'ai montré [3] de plus qu'on peut, au moyen d'un petit aimant très plat, agir *localement* sur le faisceau positif et le *dévier fortement sans déplacer d'une manière appréciable le faisceau cathodique.*

En produisant, au contraire, un notable déplacement des rayons cathodiques, M. Dufour observe des phénomènes secondaires et donne d'une expérience compliquée (dissymétrie, champ magnétique de sens variable d'une région à l'autre de l'ampoule B) une interprétation dont je n'ai aucune raison de contester la valeur. Il obtient, lui aussi, un faisceau déviable, mais ce rayonnement diffère de celui que j'ai étudié puisqu'il se produit seulement lorsque le faisceau cathodique est écarté de c' et qu'il est toujours dévié d'un même côté, alors que l'effet que j'ai observé dépend du sens du champ magnétique [4].

Je remarque de plus que M. Dufour ne donne pas de renseignements sur le degré de vide réalisé dans son tube. J'avais cependant indiqué [5] de

(1) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 22 juin 1908, p. 1308, et t. CXLVII, 13 juillet, p. 121; *Le Radium*, t. V, juillet 1908, p. 193.

(2) *Le Radium*, t. V, p. 197, § 11.

(3) *Le Radium*, t. V, p. 198, 1re colonne, ligne 15.

(4) *Le Radium*, t. V, p. 196, 2e col., ligne 2; p. 197, 2e col., ligne 24.

(5) *Le Radium*, t. V, p. 196, 1re col., ligne 53.

la façon la plus nette que le faisceau déviable prend naissance presque brusquement lorsque le vide atteint un certain degré ($\frac{1}{300}$ de millimètre de pression avec le tube que j'ai décrit, le gaz étant l'air). Je ne puis donc même pas savoir si M. Dufour a pu se trouver en présence des rayons que j'ai étudiés.

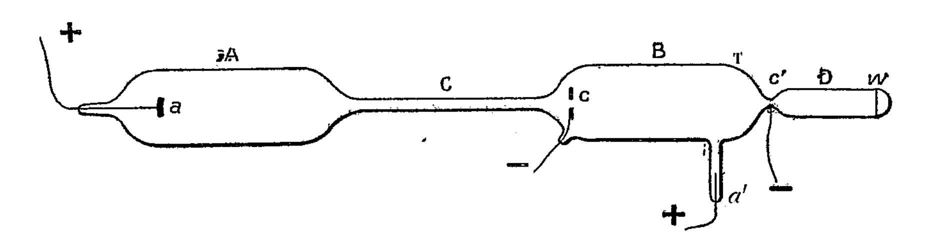
M. Dufour rappelle que j'avais pensé à l'interprétation qu'il donne et que je l'avais rejetée comme inexacte, « partant, dit-il, de l'idée préconçue que le faisceau-canal provenant de *c* était nécessaire pour la formation du faisceau déviable ».

Cependant j'avais écrit dans l'une de mes Notes :

« ... *Les rayons-canaux ayant traversé la cathode principale jouent également un rôle fondamental, car la suppression de l'afflux venant de* A *ou une trop grande diminution de cet afflux entraîne la disparition du faisceau positif déviable* (¹). »

Il ne s'agit donc pas d'une idée préconçue, mais d'un fait observé. Je suis surpris que M. Dufour n'ait prêté aucune attention à la phrase que je viens de citer.

Cette remarque suffit à elle seule pour établir la différence entre les effets étudiés par M. Dufour et ceux que j'ai décrits.



Je ne prétends d'ailleurs pas que l'hypothèse des électrons positifs soit nécessairement la seule qui puisse rendre compte de mes expériences; je l'ai préconisée, non pas uniquement à cause de l'expérience particulière dont il s'agit, mais surtout parce que cette hypothèse peut expliquer aussi tout un ensemble de phénomènes magnéto-optiques nouveaux (²), et en même temps un grand nombre de faits anciennement connus (³) (conductibilité électrique et thermique des métaux, phénomène de Hall).

(¹) *Le Radium*, t. V, p. 197, 2e col., ligne 43.

(²) Jean Becquerel, Notes aux *Comptes rendus*, 1906, 1907, 1908, 1909.

(³) Voir Drude, *Ann. der Phys.*, t. I, 1900, p. 566; t. III, 1900, p. 369.

L'hypothèse des électrons positifs n'a peut-être que le rôle d'une interprétation destinée à relier provisoirement les faits et à guider les recherches; je l'ai adoptée parce qu'elle m'a paru la plus simple, et je n'ai aujourd'hui aucune raison de modifier cette manière de voir (¹).

PHYSICO-CHIMIE. — *Volumes moléculaires, densités et poids atomiques.* Note (²) de M. A. Leduc, présentée par M. E. Bouty.

Les formules (4) ou (4 *bis*) et (5) de ma précédente Note (³) permettent de calculer le volume moléculaire relatif φ défini par la formule

$$(3) \qquad Mpv = RT\varphi$$

par l'intermédiaire de la formule (2 *bis*) que j'écrirai sous la forme

$$(6) \qquad \varphi = 1 - 10^{-4}(ez + e^2 u),$$

e désignant le rapport $\frac{p}{\pi}$ de la pression courante en centimètres de mercure à la pression critique en atmosphères, c'est-à-dire 76 fois la pression réduite.

Pour calculer z, je donne la préférence à la formule

$$(4\ bis) \qquad z = 18{,}85\,\chi\,(2\chi^3 - \sqrt{2}\chi^2 + 2\sqrt{2}\chi - 1).$$

La formule (3) permet de calculer ensuite la masse moléculaire M d'un gaz dont on connaît la densité par rapport à l'oxygène, dans les conditions normales par exemple.

Soient D_0 cette densité, et φ_0 le volume moléculaire de l'oxygène dans ces conditions. Prenant $O = 16$, on a

$$(7) \qquad M = 32\frac{\varphi}{\varphi_0}D_0 = 32{,}0256 \times \varphi \times D_0.$$

Réciproquement, la densité du gaz par rapport à l'oxygène sera donnée par

$$D'_0 = 31{,}225\frac{M'}{\varphi}$$

si l'on connaît autrement son poids moléculaire.

(¹) Voir Jean Becquerel, *Le Radium*, t. V, décembre 1908, p. 360, 1re colonne, lignes 41 et suivantes.

(²) Présentée dans la séance du 22 février 1909.

(³) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 407.

Le Tableau ci-dessous comprend les données numériques relatives à vingt gaz. Le gaz ammoniac est mis à part comme ne faisant point partie de la *série normale*.

Parmi les densités expérimentales, celles marquées d'un (*) sont empruntées à M. Ph. Guye et à ses élèves (Baume, Davila, Pintza). Les autres me sont personnelles.

Gaz.	χ.	e.	z.	u.	$\varphi . 10^4$.	D_0 (exp.).	M (calc.).	M'.	D'_0 (calc.).	D'_{air} (calc.).
H	0,113	3,92	−1,5	»	10006	0,06287	2,0146	2,0150	0,06288	0,06949
Az.........	0,465	2,17	+1,8	»	9996	0,87508	28,012	28,010	0,8749	0,9670
CO........	0,489	2,14	2,6	»	9994,6	0,8749	28,004	28,004	0,8749	0,9669
O	0,565	1,50	5,4	»	9992	1	32	32	1	1,1052
AzO.......	0,657	1,07	10,1	»	9989	*0,9379	30,004	30,006	0,9380	1,0367
CH^4.......	0,700	1,384	12,8	»	9982	*0,5016	16,036	16,034	0,5016	0,5543
C^2H^4......	1,037	1,490	51,7	0,6	9922	»	»	28,038	0,8824	0,9752
CO^2.......	1,114	0,987	66,4	1	9933,5	1,3832	44,003	44,004	1,3832	1,5288
C^2H^6......	1,128	1,680	69,3	1,2	9880	»	»	44,010	0,9498	1,0497
Az^2O......	1,133	1,040	70,4	1,2	9925,6	1,3845	44,009	30,053	1,3845	1,5302
C^2H^2......	1,135	1,134	71	1,2	9918	0,8194	26,026	26,023	0,8192	0,9054
HCl.......	1,191	0,916	84	1,7	9921,6	*1,1473	36,456	36,47	1,1478	1,2686
C^2Az^2......	1,454	1,232	172	5,3	9780	»	»	52,018	1,6607	1,8355
CH^3Cl.....	1,524	1,152	204	6	9757	»	»	50,49	1,616	1,786
Cl.........	1,535	0,813	209,5	7	9825	2,254	70,926	70,926	2,2540	2,4914
CH^3AzH^2..	1,568	1,055	227	7,6	9753	»	»	31,047	0,9940	1,0987
SO^2........	1,576	0,974	231	7,8	9767,6	2,0483	64,072	64,072	2,0483	2,2638
$(CH^3)^3Az$..	1,588	1,854	237	8	9532	»	»	59,085	1,9355	2,1392
$(CH^3)^2AzH$.	1,597	1,357	242	8,2	9656	»	»	45,066	1,4573	1,6107
AzH^3......	1,483	0,691	203	5	9857	*0,5394	17,027	17,028	0,5394	0,5962

Poids atomiques. — 1° *Hydrogène.* — Nous trouvons pour l'hydrogène le poids atomique 1,0073, nombre un peu faible. J'ai trouvé en effet, par la synthèse de l'eau en poids (1), 1,0075, et, pour tenir compte dans une certaine mesure de ce qu'une autre méthode me donnait un nombre un peu plus fort, j'ai admis 1,0076.

Bien que des expériences plus récentes aient donné 1,0077, je crois bon de revenir à 1,0075.

2° *Azote.* — Des valeurs des poids moléculaires de l'azote et de trois de ses composés inscrits dans ce Tableau, on déduit pour le poids atomique de l'azote des valeurs très concordantes dont la moyenne est bien le

(1) M. Violle (*Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 1021) semble attribuer cette synthèse à M. D. Berthelot, ainsi que d'ailleurs l'ensemble de mes expériences sur la compressibilité des gaz et la loi du mélange des gaz.

nombre 14,005, que j'ai donné comme approché à $\frac{1}{10000}$ près (1897):

	Poids moléculaire.	Poids atomique de Az.
Az	28,004	14,006
AzO	30,004	14,004
Az^2O	44,009	14,0045
AzH^3	17,027	14,0042

3° *Carbone.* — Même concordance parfaite :

	Poids moléculaire.	Poids atomique de C.
CO	28,004	12,004
CO^2	44,003	12,003
CH^4	16,036	12,0056
C^2H^2	26,026	12,005

On retrouve pour le poids atomique du carbone le nombre 14,004 de Stas et Van der Plaat.

4° *Chlore et soufre.* — Ma densité du chlore conduit, comme on le voit, au poids atomique de Dixon et Edgar : 35,463. Celle de HCl, d'après Guye et Gazarian, conduirait à 35,45.

Enfin je trouve pour le poids atomique du soufre, déduit de la densité de l'anhydride sulfureux : 32,072, qui ne diffère point pratiquement du nombre 32,07 inscrit dans la Table des poids atomiques internationaux pour 1909.

Conclusion. — On voit donc que, *contrairement à ce qui a été écrit par plusieurs auteurs, la méthode des volumes moléculaires permet de déterminer les poids atomiques avec une grande précision, et qu'il importe peu qu'on opère sur des gaz quasi permanents* (Az, AzO, CO, CH^4) *ou très faciles à liquéfier* (Az^2O, etc., et même SO^2).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibres entre phases liquide et solides dans le mélange* NaCl + H^2O. *Fusion de la neige.* Note de M. **Camille Matignon**, présentée par M. Troost.

Rudorff (¹), de Coppet (²), Mendeléef, Meyerhoffer et Saunders (³) ont déjà déterminé certains points de la courbe de fusibilité du système binaire eau et sel marin, mais les résultats en sont assez discordants.

(¹) *Ann. Pogg.*, t. CXIV, 1861, p. 71.
(²) *Ann. Chim. et Phys.*, 4e série, t. XXV, 1872, p. 511.
(³) *Zeits. phys. Chem* XXXI, 1899, p. 381.

C'est ainsi que la température et la concentration qui définissent le point d'eutexie auraient les valeurs suivantes d'après les différents observateurs :

Rudorff	21°,3	
De Coppet	23,6	31,24
Mendeléef	23	32,5
Meyerhoffer	21,2	28,9

Les concentrations indiquent la quantité de sel dissoute dans 100 parties d'eau.

Ce manque de concordance, qui se rencontre aussi pour les autres points de la courbe, m'a engagé à reprendre ces recherches.

Pour déterminer les constantes du point d'eutexie, j'ai placé des solutions à 28, 30 et 32 pour 100 de sel, par l'intermédiaire d'une double enveloppe gazeuse, dans un mélange de neige carbonique et d'acétone. J'ai attendu que la température fixe de la solidification finissante soit établie depuis un certain temps, et j'ai alors prélevé la solution en la séparant des cristaux qui la remplissent à l'aide d'une pipette en verre mince dont l'extrémité élargie était fermée par un petit tampon de coton de verre. En attendant, pour faire ce prélèvement, que la pipette ait pris la température du milieu, j'ai pu obtenir, avec six expériences, une moyenne de 30,7 pour la concentration du mélange eutectique : 31,2; 30,5; 30,9; 30,8; 30,7; 30,4; moyenne : 30,7.

Cette composition est très voisine de celle indiquée par M. de Coppet, mais elle en diffère par la température : j'ai trouvé $-21°,3$ pour le point de solidification, tandis que M. de Coppet avait donné $-23°,6$.

J'ai déterminé, d'autre part, les abaissements suivants du point de congélation :

$-6°,6$	11 pour 100
$-9,25$	15 »
$-12,7$	20 »
$-16\frac{2}{3}$	25 »

ainsi que la solubilité de l'hydrate $NaCl, 2H^2O$ à $-12°\frac{1}{4}$, 32,9.

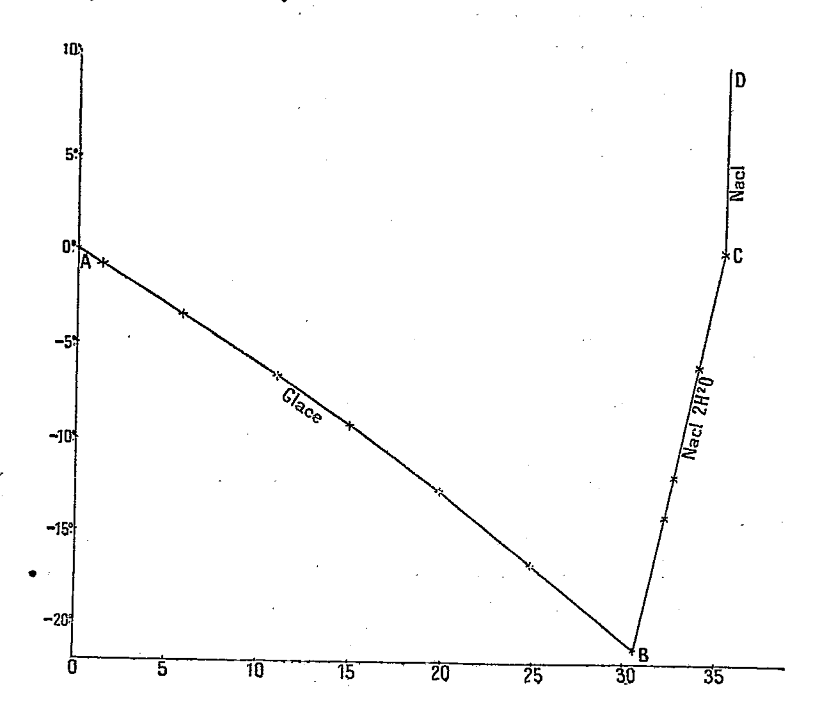
En y joignant les abaissements connus fournis par les solutions étendues :

$-3°,42$	5,85 (Raoult)
$-2,86$	4,9 (Kahlenberg)
$-0,80$	1,37 (Biltz)
$-0,4$	0,69 (Raoult)

ainsi que les solubilités de $NaCl, 2H^2O$ de M. de Coppet :

$-14°$	32,5
$-6°,25$	34,22

j'ai pu construire la courbe de fusibilité qui comprend trois branches correspondant aux équilibres de la phase liquide avec les trois phases solides, glace, sel hydraté, sel anhydre.



Parmi les nombreuses conséquences qu'on peut déduire de la considération de cette courbe d'équilibre, je voudrais appeler l'attention sur son utilisation pour résoudre d'une façon mathématique le problème de la fusion de la neige par addition de sel marin.

°		°	
— 1	1,8	—12	19
— 2	3,65	—13	20,4
— 3	5,25	—14	21,7
— 4	6,8	—15	23
— 5	8,4	—16	24,2
— 6	10	—17	25,4
— 7	11,6	—18	26,7
— 8	13,1	—19	27,9
— 9	14,6	—20	29,1
—10	16,1	—21	30,4
—11	17,5	—21,3	30,7

La quantité de sel à ajouter à la neige pour l'amener à fusion augmente

avec l'abaissement de température. La courbe AB nous donne les quantités minima de sel à ajouter à 100 parties de neige ayant une certaine température pour en faire un système liquide.

Au-dessous de $-21^\circ,3$, il n'existe à l'état stable aucun mélange d'eau et de sel marin susceptible de rester liquide.

On peut se demander s'il n'y aurait pas quelque sel susceptible de remplacer avantageusement le sel marin. Le chlorure de calcium, produit résiduel de grande industrie, concentré et desséché dans des conditions économiques, comme on le fait, par exemple, pour les vinasses de betteraves, pourrait peut-être se substituer au sel marin. Il permettrait en tous cas de se débarrasser de la neige par fusion, dans les pays où la température s'abaisse au-dessous de 21°. Avec le chlorure de calcium, en effet, on peut fondre une neige dont la température atteint jusqu'à -55°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de quelques constantes physiques des peptones.* Note de MM. **L. Lematte** et **A. Savès**, présentée par M. Armand Gautier.

Nos expériences ont porté sur des peptones trypsiques d'un aspect spongieux, jaune pâle, donnant avec l'eau une solution légèrement opalescente; cette dernière, conservée à la glacière, ne s'altère pas.

Ces peptones sont très hygroscopiques; nous en avons déterminé le titre exact par évaporation dans le vide jusqu'à poids constant. Cette expérience nous a permis de faire des solutions contenant exactement, en grammes, les quantités de peptones indiquées dans le Tableau ci-après.

Composition chimique. — *Teneur en azote :* 100^g de peptones contiennent exactement $16^g,8$ d'azote.

Teneur en chlore, total évalué en HCl : 100^g de peptones contiennent $0^g,756$ de chlore total évalué en HCl.

Constantes physiques. — *Densite.* — Les densités ont été prises à la balance hydrostatique à $+15^\circ$.

Cryoscopie. — Les points cryoscopiques ont été pris avec un thermomètre gradué au centième de degré. Chaque point cryoscopique a été établi en abaissant lentement la température, sans addition d'un cristal.

Réfraction. — Les indices ont été pris avec le réfractomètre à immersion de Zeiss, à + 17°,5, température à laquelle a été gradué l'instrument.

Peptones en grammes dans quantité suffisante d'eau pour faire un volume de 100cm³.	Point cryoscopique.	Densité.	Degrés réfractométriques.	Indices de réfraction.
0,909	−0°,110	1,00330	19,55	1,334954
1,428	−0,175	1,00520	21,95	1,335880
1,666	−0,200	1,00610	23,25	1,336377
2,000	−0,240	1,00730	24,85	1,336993
2,500	−0,300	1,00920	27,30	1,337927
3,333	−0,410	1,01215	31,40	1,339492
4,000	−0,475	1,01450	34,60	1,340708
4,545	−0,540	1,01660	37,40	1,341768
5,000	−0,605	1,01810	39,55	1,342579
5,882	−0,695	1,02140	43,90	1,344222
6,666	−0,790	1,02415	47,75	1,345355
7,692	−0,920	1,02790	52,75	1,347517
8,333	−0,995	1,03025	56,00	1,348730
9,090	−1,085	1,03295	59,75	1,350117
10,000	−1,190	1,03660	64,00	1,351690

Conclusions. — 1° *Densité.* — D'après ces nombres, on voit que la densité D d'une solution de peptones trypsiques se calcule en ajoutant à la densité de l'eau les chiffres obtenus en multipliant le nombre de grammes P dissous dans quantité suffisante d'eau pour avoir 100cm³ par *la constante* 0,003637 :

$$D = 1 + P \times 0,003637.$$

2° *Point cryoscopique.* — Le point cryoscopique Δ d'une solution de peptones trypsiques s'obtient en multipliant le nombre P de grammes dissous dans quantité suffisante d'eau pour avoir 100cm³ par *la constante* 0,119 :

$$\Delta = P \times 0,119.$$

3° *Réfraction.* — On peut dire que l'indice de réfraction *n* d'une solution de peptones trypsiques s'obtient en multipliant le nombre P de grammes dissous dans quantité suffisante d'eau pour avoir 100cm³ par *la constante* 0,001869 :

$$n = P \times 0,001869.$$

Ces Tables sont réversibles et permettent d'apprécier la pureté des peptones trypsiques par la mesure des constantes physiques que nous avons établies.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du gaz chlorhydrique sur le silicium amorphe.* Note de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

On sait que si l'on fait passer du gaz HCl sur du silicium cristallisé ou sur certains siliciures métalliques, tels que le siliciure de cuivre, chauffés au-dessous du rouge, on obtient un liquide condensé, formé en proportions variables, suivant la matière première employée et les conditions de l'opération, de chlorure de silicium $SiCl^4$ et de silicichloroforme $SiHCl^3$. Il pouvait paraître surprenant que la formation des composés hydrochlorés s'arrêtât à ce terme, d'autant plus que l'existence de deux autres composés SiH^2Cl^2 et SiH^3Cl pouvait être prévue par analogie avec les composés correspondants du carbone.

Nous avons pu vérifier que ces composés se forment effectivement dans l'action du gaz chlorhydrique sur certaines variétés de silicium. Une expérience préliminaire nous avait permis de constater que, si l'on fait passer HCl gazeux sur du *silicium graphitoïde* chauffé vers 300°-400°, il subsistait, en petite quantité, dans les produits gazeux condensés énergiquement au moyen de la neige carbonique, des composés siliciés destructibles par l'eau; en remplaçant le *silicium graphitoïde* par du *silicium fondu industriel* réduit en poudre, l'expérience fut beaucoup moins convaincante. Nous pensâmes alors que la nature du silicium employé exerçait une influence prépondérante sur les produits de la réaction et qu'il convenait, pour le but que nous nous proposions d'atteindre, d'employer le silicium, sous la forme chimiquement la plus active, c'est-à-dire celle de silicium amorphe. L'expérience a pleinement confirmé cette manière de voir.

Si l'on fait passer du gaz HCl sec sur du silicium amorphe, on constate que la réaction se produit à une température relativement basse et que les produits de la réaction sont particulièrement difficiles à condenser; notre appareil de condensation comprenait : un réfrigérant à eau de Liebig, deux serpentins en verre immergés, le premier dans de la glace pilée, le second dans un mélange réfrigérant de glace et de sel, puis d'un serpentin de 5^m de long, en plomb, entouré de neige carbonique tassée; ayant constaté l'insuffisance de ce système et ne disposant pas d'un moyen réfrigérant plus énergique tel que l'air liquide, nous avons dû compléter la condensation en faisant traverser aux produits de la réaction, à la suite du système décrit ci-dessus, un dissolvant refroidi au moyen de la neige carbonique; après plusieurs essais avec différents absorbants, nous avons reconnu qu'à différents points de vue le dissolvant le plus approprié était le chlorure de silicium $SiCl^4$ qui nous avait été fourni en grande quantité par nos premiers essais.

Tandis qu'avec les autres variétés de silicium, on constate déjà des produits condensés par la réfrigération par l'eau (+10°) et par le mélange réfrigérant, au contraire avec le silicium amorphe la condensation ne commence à s'observer que dans le serpentin métallique immergé dans la neige carbonique et se complète au sein du dissolvant refroidi; ce dernier dissout en même temps de grandes quantités d'acide chlorhydrique non altéré, ce qui complique la séparation des produits dissous.

Quand l'opération est terminée, on prend le chlorure de silicium dissolvant, on en chasse l'excès de HCl dissous par une élévation progressive de la température en employant comme réfrigérant ascendant le serpentin métallique toujours entouré de neige carbonique, puis on fractionne les produits volatils en les condensant dans des réfrigérants énergiquement refroidis par de la neige carbonique.

Après plusieurs essais successifs, nous sommes arrivés à isoler, à l'état à peu près pur, deux liquides distillant, le premier à quelques degrés au-dessous de 0° (vers −10°) et correspondant à la composition SiH^3Cl, le second à quelques degrés au-dessus de 0° (vers +12°) et ayant la composition SiH^2Cl^2. Ce sont des liquides incolores, très mobiles, très dilatables, décomposables par l'eau et les alcalis avec un dégagement abondant d'hydrogène; leurs vapeurs produisent avec l'air des mélanges détonants.

Il paraît surprenant que ces corps relativement peu volatils soient si difficiles à condenser lors de leur préparation; mais il ne faut pas oublier qu'ils se trouvent dilués dans un grand volume d'acide chlorhydrique excédant et d'hydrogène; nous avons constaté, dans les produits non condensés, la présence de l'hydrogène, mais pas celle de SiH^4.

Nous ajouterons que nous avons observé la formation, dans la dernière et la plus importante de nos préparations, d'un composé beaucoup plus volatil que les précédents, bouillant vers −25°, sur la nature duquel nous ne sommes pas encore bien fixés; ce semble être un produit sulfuré, car il donne un dégagement d'acide sulfhydrique lors de sa décomposition par l'eau et son odeur diffère notablement de celle des composés précédents; il se forme vraisemblablement aux dépens d'une impureté contenue dans notre silicium amorphe; la formation de ce corps en proportions notables a rendu la séparation des produits siliciés sensiblement plus pénible et moins complète.

Nous nous proposons de compléter et de préciser l'étude de ces corps lorsque nous aurons pu nous procurer des quantités plus importantes de silicium amorphe que celles dont nous avons pu disposer jusqu'ici et que les conditions atmosphériques le permettront.

Nous avons également essayé de préparer les chlorures de silicométhyle SiH^3Cl et de silicométhylène SiH^2Cl^2 en hydrogénant le chlorure de silicium $SiCl^4$ au moyen de l'hydrure de calcium. Celui-ci était placé, à l'état pulvérisé, dans un tube de verre, sur une grille à analyse, et l'on faisait passer des vapeurs de $SiCl^4$.

La réaction se produit à une température inférieure au rouge; il y a dégagement d'hydrogène et d'acide chlorhydrique, en même temps qu'une petite quantité de $SiCl^4$ passe à l'état de silicichloroforme ; mais nous n'avons pas pu constater la formation de produits d'hydrogénation plus avancée ; quant aux produits fixes de la réaction, ils sont formés de $CaCl^2$ et, suivant la température et les proportions des réagissants, de siliciure de calcium ou de Si amorphe. Lorsque la température de chauffe est basse et l'hydrure de Ca en excès, il se forme un composé noirâtre non décomposable par l'eau, mais décomposable par une solution d'acide chlorhydrique avec un abondant dégagement d'hydrure de silicium spontanément inflammable; c'est du siliciure de Ca. Si la température est élevée et le chlorure de Si en excès, il y a formation de Si amorphe de couleur marron.

Nous avons pensé que cette réaction pourrait être utilisée en vue de la préparation de Si amorphe dont nous avions besoin d'autre part, mais l'opération, qui se fait bien en petit, présente de sérieuses difficultés quand on veut l'effectuer sur une plus grande échelle ; d'une part, il faut que la température soit bien réglée pour éviter la fusion et la décomposition de CaH^2 et, d'autre part, le chlorure de calcium formé tend à obstruer le tube par l'augmentation de volume qui accompagne sa formation et produit une agglomération de la masse qui s'oppose à une réaction plus complète.

Nous avons aussi essayé d'obtenir des dérivés hydrogénés en soumettant à l'action de l'effluve un mélange d'hydrogène et de vapeurs de silicichloroforme, mais, pour intéressant qu'il soit, le résultat visé n'a pas été atteint.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les iridodisulfates ammoniacaux*. Note de M. Marcel Delépine, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai indiqué antérieurement que, par l'action de l'acide sulfurique bouillant sur un chloroiridate ou un chloroiridite en présence de sulfate d'ammonium, on obtenait un sel vert et un sel brun olivâtre, substances qu'il faut considérer comme des sels complexes iridosulfuriques (*Comptes rendus*, t. CXLII, 1906, p. 631).

Le sel vert s'obtient de la façon suivante : on fait bouillir une solution de 3g de chloroiridite d'ammonium dans 20g-30g d'eau avec 50cm³ d'acide sulfurique concentré. Il se forme bientôt une poudre jaune qui se dissout ensuite lentement en colorant l'acide en vert. Après dissolution, l'acide sulfurique refroidi est mêlé avec 1,1 fois son poids d'eau et le mélange est abandonné à lui-même au moins 24 heures. Il se fait un dépôt de cristaux vert foncé, presque noirs, tandis que la liqueur surnageante prend une teinte brun olivâtre très intense due à un sel de cette couleur. Les cristaux ne sont pas homogènes; ils contiennent de grandes étoiles à trois branches et de petites aiguilles rectangulaires. L'ensemble, essoré, pèse au plus la moitié du poids du chloroiridite employé. L'eau enlève facilement les cristaux étoilés, en ne laissant que les aiguilles. La propor-

tion relative des deux espèces de cristaux est surtout fonction de la dose de sulfate d'ammonium présente dans l'acide sulfurique ; on peut même n'obtenir que des aiguilles si, après avoir décanté la liqueur sulfurique brune, on la remplace par une solution aqueuse de sulfate ammonique.

Néanmoins, l'obtention de sels définis à partir de la solution des cristaux étoilés ou des aiguilles moins solubles a été assez difficile : d'une part, les cristaux étoilés subissent une dissociation hydrolytique; de l'autre, les cristaux en aiguilles obtenus directement ont une teneur variable en ammoniaque et contiennent d'assez fortes doses de métaux alcalins (Na surtout) arrachés aux vases par l'acide bouillant; enfin, leur recristallisation se fait avec perte si l'on opère à chaud, car ils s'altèrent en partie; on est donc obligé d'opérer à froid, ce qui est long, les cristaux étant peu solubles.

On obtient trois sels ammoniacaux principaux :

I. $HO(H^2O)Ir(SO^4)^2(NH^4)^{0,5}H^{1,5}$, en étoiles à trois branches ou en tétraèdres vert sombre. Ce sel, dissous dans l'eau, s'y dissocie en sel II ci-dessous et acide, selon l'équation

$$3[A](NH^4)^{0,5}H^{1,5} \rightleftharpoons [A](NH^4)^{1,5}H^{0,5}+2[A]H^2$$

où A représente le complexe $HO(H^2O)Ir(SO^4)^2$. En fait, si l'on enlève à temps les prismes formés d'abord lors de la concentration de la solution, on obtient de nouveau des tétraèdres au sein d'un liquide très acide, soluble dans l'alcool fort et contenant l'acide vert encore souillé d'un peu de sel ammoniacal. On a ces mêmes tétraèdres en dissolvant un sel vert ammoniacal quelconque dans 10 à 20 parties d'acide sulfurique concentré, puis ajoutant de 0,6 à 1,1 partie d'eau; leur formation dans cette dernière circonstance montre que l'acide iridosulfurique vert garde $(NH^4)^{0,5}$, même en présence de quantités considérables d'acide sulfurique étendu de 1 à 2 volumes d'eau.

II. $HO(H^2O)Ir(SO^4)^2(NH^4)^{1,5}H^{0,5}$, sel en aiguilles fines, vertes ou vert sombre, solubles dans 210 parties d'eau à 16°. Ce sel se forme par dissociation hydrolytique du précédent ou bien en versant une solution aqueuse à $\frac{1}{60}$ d'un sel vert ammoniacal (plus acide) dans une solution de NH^4Cl ou de $(NH^4)^2SO^4$, ou bien encore en précipitant par l'alcool ou en évaporant à froid sa propre solution additionnée d'autant d'acide sulfurique qu'il en faudrait pour enlever toute l'ammoniaque, etc.; toutes ces expériences démontrent que, vis-à-vis de l'ammoniaque, l'acide iridosulfurique est plus fort que l'acide sulfurique étendu jusqu'à concurrence d'une teneur de $(NH^4)^{1,5}$. Il peut aussi recristalliser en partie par évaporation de sa solution à chaud.

L'obtention du sel II constitue un fait extrêmement intéressant; voilà en

effet un sel dont la formule, dans le mode parfois employé pour représenter les sels doubles, serait

$$(SO^4)^3 Ir^2 + SO^4(NH^4)^2 + NH^3 + 4H^2O,$$

sel qui, loin d'être basique, est un sel dans lequel l'ammoniaque est retenue au moins aussi fortement que dans du sulfate d'ammonium ; c'est la condamnation de toute représentation de l'ordre de celle qui vient d'être écrite. Le plus simple est de considérer l'acide iridosulfurique vert comme un *acide iridodisulfurique bibasique* de formule A (voir plus bas).

III. Mais cette formule ne suffit pas; en effet, si l'on ajoute un excès d'ammoniaque à une solution verte, la teinte passe au rouge brun et il est facile par addition d'alcool (et d'un peu de NH^4Cl) de précipiter un sel brun olivâtre contenant

$$Ir(OH)^2(SO^4)^2(NH^4)^{\frac{7}{3}}H^{\frac{2}{3}},$$

c'est-à-dire plus de $2NH^4$ pour un atome d'iridium ; ce sel doit être considéré comme un sel de l'*acide tribasique* B (*voir* plus loin). Il est intéressant d'observer qu'on peut laisser le précipité brun, à froid, sous l'eau ammoniacale alcoolisée, pendant 2 jours, sans qu'il se forme de sulfate; en effet, le sel délayé dans l'eau et acidulé donne la belle solution verte des sels verts et le chlorure de baryum ne la trouble pas; cette expérience est particulièrement significative pour démontrer la stabilité de l'union des SO^4 à l'atome d'iridium.

Le sel brun porté à 100° perd un peu plus de $\frac{1}{7}$ de son ammoniaque (ainsi que de l'eau qu'il reprend en partie à l'air) en devenant vert d'herbe; il correspond alors au sel à $2NH^4$ qui appartient au groupe des sels de l'acide A.

On a donc les sels des acides iridodisulfuriques A et B :

$$\text{A.}\ \left[Ir \begin{array}{l} \diagup (H^2O)OH \\ - SO^4 - \\ \diagdown SO^4 - \end{array} \right] \begin{array}{l} \\ H \\ H \end{array} \qquad \text{B.}\ \left[Ir \begin{array}{l} \diagup (OH)^2 - \\ - SO^4 - \\ \diagdown SO^4 - \end{array} \right] \begin{array}{l} H \\ H \\ H \end{array}$$

Il est remarquable que les formules proposées viennent se ranger d'elles-mêmes sous les règles de M. A. Werner, si l'on donne à SO^4 deux places de coordination; mais on peut aussi les lire dans la notation de Blomstrand-Jörgensen, c'est-à-dire avec de l'eau bivalente et basique $- H^2O -$ dans la formule A et des oxhydriles acides $- OH = OH -$ jouant le rôle de $- Cl = Cl -$ ou de $- SO^4 -$ dans la formule B. On pourrait imaginer que la formule B fût suffisante pour tous les cas, les sels verts étant alors

tout simplement des sels plus acides de l'acide B; mais les colorations diffèrent tellement d'une série à l'autre, qu'il est permis de n'y pas supposer le même complexe iridodisulfurique. D'ailleurs, je montrerai prochainement que, dans les sels de A, on peut introduire de la pyridine à la place de l'eau pour obtenir une nouvelle série de sels également verts; la formule B ne permet pas cette substitution.

Il va de soi que les sels précédents peuvent aussi se représenter par des formules sans exposants fractionnaires, telles que

$$[HO(H^2O)Ir(SO^4)^2](NH^4)H, [HO(H^2O)Ir(SO^4)^2]H^2$$

pour le sel I, etc.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'action de l'oxyde de carbone sur le chrome, le nickel, le manganèse, leurs oxydes et leurs alliages.* Note de M. **Georges Charpy**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note présentée à l'Académie le 13 juillet 1903, nous avons indiqué que l'action de l'oxyde de carbone sur le fer et ses oxydes était nettement réductrice et carburante et pouvait produire la cémentation du fer. Il nous a paru utile de rechercher si les métaux qu'on allie souvent au fer dans les produits métallurgiques modifiaient l'action cémentante de l'oxyde de carbone. Nous avons opéré sur le chrome, le nickel et le manganèse.

Les expériences, dirigées comme celles décrites précédemment, ont consisté à soumettre à l'action d'un courant d'oxyde de carbone pur soit un métal sous forme de limaille, soit un oxyde, chauffés dans un four électrique à une température mesurée par un pyromètre Le Chatelier. On déterminait la proportion d'anhydride carbonique formée dans le gaz, la variation du poids du métal ou de l'oxyde et l'on analysait ensuite ce produit. Nous avons opéré surtout à 1000°, température moyenne de la cémentation industrielle.

Avec le nickel, à 1000°, l'action de l'oxyde de carbone est pratiquement nulle; il semble bien qu'il y ait un commencement de carburation du métal, mais ce phénomène est infiniment moins accentué qu'avec le fer. L'oxyde de nickel, traité par l'oxyde de carbone à la même température, est complètement réduit à l'état métallique.

Avec le manganèse, il y a, au contraire, oxydation. Moissan et Guntz avaient déjà signalé l'oxydation du manganèse pyrophorique soumis à l'action de l'oxyde de carbone à 300° ou 400°. Nous avons retrouvé le même phénomène, à 1000°, avec les produits métallurgiques. Le manganèse métallique ou les ferromanganèses riches produisent, à 1000°, une absorption totale de l'oxyde de carbone; puis, au bout d'un certain temps,

le gaz se dégage à nouveau sans produire d'anhydride carbonique. Le produit obtenu dans la nacelle est formé par un mélange de protoxyde de manganèse et de charbon. Il semble donc que l'oxyde de carbone agit comme oxydant et transforme le manganèse en protoxyde en donnant, en même temps, un dépôt de charbon. L'oxyde salin de manganèse Mn^3O^4, soumis à l'action d'un courant d'oxyde de carbone à 1000°, est ramené à l'état de protoxyde; le gaz est sans action sur ce dernier oxyde.

Avec le chrome métallique, on obtient également, à 1000°, une absorption complète de l'oxyde de carbone sans dégagement d'anhydride carbonique; l'absorption est notablement plus lente qu'avec le manganèse; elle fournit un mélange de sesquioxyde de chrome et de charbon. Le sesquioxyde de chrome, soumis, à 1000°, à l'action de l'oxyde de carbone, ne donne lieu à aucune réduction.

Nous avons opéré également sur des aciers contenant des proportions peu élevées de chrome, seul ou avec du nickel; nous avons constaté que l'action carburante de l'oxyde de carbone sur le fer et son action oxydante sur le chrome se produisent simultanément, comme si les deux métaux étaient simplement juxtaposés. La carburation du fer absorbe une partie du carbone mis en liberté par l'oxydation du chrome, de sorte qu'on observe bien un dégagement d'anhydride carbonique, mais beaucoup plus faible que celui qui se produit quand on opère avec le fer seul et qui s'annule complètement dès que la teneur en chrome dépasse une certaine valeur, environ 7 pour 100.

Le phénomène ne s'observe nettement qu'avec du métal réduit en limaille fine de façon à multiplier les surfaces de contact avec le gaz. Si l'on opère sur un morceau de métal de dimensions notables, l'oxydation du chrome se limite à la couche superficielle et au-dessous la cémentation se poursuit régulièrement, par diffusion du carbone, comme dans le cas de l'acier ordinaire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les gaz occlus contenus dans quelques métaux usuels.* Note de M. **B. Delachanal**, transmise par M. H. Le Chatelier.

A la suite de ses travaux sur la dissolution de l'oxygène dans l'argent, J.-B. Dumas avait l'intention de compléter ce travail classique par la recherche des gaz occlus contenus dans les métaux usuels.

Il pensait y trouver, non pas de l'oxygène, puisque pour la plupart d'entre eux il y a incompatibilité, mais de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Les expériences que nous avons faites, à cette époque déjà éloignée, sous son inspiration et sa direction, ont confirmé cette opinion, et les résultats obtenus alors auraient certainement été publiés si le temps le lui avait permis.

Nous sommes donc, par le fait, resté dépositaire des résultats de ce travail, que nous sommes amené à publier d'abord parce que cette question prend une grande importance actuellement et que nous désirons continuer ce travail par quelques recherches nouvelles.

L'appareil qui a servi se composait essentiellement d'une cornue en porcelaine de 500^{cm^3} environ, vernissée intérieurement et extérieurement, dont la partie placée à l'intérieur d'un fourneau pouvait être chauffée au rouge vif jusqu'à la température de ramollissement de la porcelaine. Le col de la cornue, très légèrement incliné de dedans au dehors, traversait la paroi du fourneau, était constamment refroidi à son extrémité par un courant d'eau et communiquait au moyen d'un tube de plomb très souple et d'un masticage à une trompe de Sprengel munie d'un dessiccateur à gaz contenant de l'acide phosphorique anhydre.

Afin de se rendre compte du fonctionnement de cet appareil et de la résistance que pouvait opposer la porcelaine au passage des gaz à ces hautes températures, une première expérience fut tentée en laissant la panse de la cornue complètement libre.

Le vide presque barométrique ayant été obtenu à froid dans tout l'appareil, la panse de la cornue fut graduellement chauffée jusqu'au rouge vif et maintenue à cette température pendant plus de 3 heures. Après ce temps le vide dans l'appareil se maintenant toujours dans d'excellentes conditions, le tirage du fourneau fut activé et la température s'éleva progressivement jusqu'au moment où le baromètre de l'appareil à vide s'affaissa subitement.

Après refroidissement, on constata :

1° Que le volume total de gaz recueilli avant la rupture du vide était inférieur à $0^{cm^3},5$;

2° Que la calotte sphérique de la panse de la cornue était retournée en dedans et crevassée.

On avait donc constaté ainsi que l'appareil tenait le vide très suffisamment tant que la température de ramollissement de la porcelaine n'était pas atteinte.

Dans les expériences qui ont été faites, les gaz obtenus étaient combustibles et l'analyse eudiométrique accusait une consommation d'oxygène supérieure à la moitié du volume du gaz employé. A ce moment on a seulement conclu à la présence d'hydrocarbures et ce n'est que dernièrement, à la suite d'un travail fait en commun avec M. Guillemin, que nous avons attribué à la présence du méthane l'excès d'oxygène nécessaire à la combustion. Il se produirait donc, suivant cette hypothèse, un équilibre entre l'hydrogène, l'oxyde de carbone et le méthane, variable avec les conditions de l'expérience et la température. Le méthane résulterait donc de l'action de l'hydrogène sur l'oxyde de carbone et ne serait pas occlus.

Toutes les expériences faites sous la direction de Dumas conduisent alors

à des résultats qui s'expliquent facilement et accusent la présence dans les gaz recueillis de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, du méthane et de l'azote.

Résumé des expériences. — 1° *Aluminium.* — A cette époque ce métal provenait toujours de la réduction du fluorure double d'aluminium et de sodium par le sodium.

L'expérience faite sur 200g de métal a donné 88cm³ d'hydrogène et le gaz ne contenait pas d'oxyde de carbone.

2° *Magnésium.* — Deux expériences furent faites avec ce métal qui, sous l'action du vide et d'une température qui ne dépassa pas le rouge cerise, distilla complètement dans le col de la cornue, formant une agglomération de cristaux très nets et d'un bel éclat.

Les deux expériences correspondent à des échantillons de provenances différentes, et le volume des gaz recueillis est un peu plus important pour le second échantillon.

Métal employé pour la première expérience, 20g; pour la seconde, 40g.

	Expériences	
	I.	II.
Hydrogène	12cm³,0	35cm³,06
Oxyde de carbone	4cm³,1	2cm³,44

3° *Zinc.* — 100g de zinc du commerce ont distillé dans le col de la cornue en laissant un résidu dans la panse.

Les gaz dégagés ont la composition suivante :

	cm³
Hydrogène	18,15
Oxyde de carbone	1,65
Acide carbonique	0,50

4° *Étain.* — Comme il était fort probable que ce métal, à cause de sa basse température de fusion, ne pouvait contenir que fort peu de gaz, on employa 1000g, et le gaz obtenu avait la composition suivante :

	cm³
Hydrogène	3,25
Méthane	2,80
Oxyde de carbone	2,05
Acide carbonique	1,94
Azote	1,56
Total	11,60

5° *Mousse de platine.* — 150g de mousse de platine ont donné 17cm³ de gaz sur lesquels on a trouvé 15cm³,5 de gaz absorbables par la potasse, et seulement 1cm³,5 de gaz *incombustibles.* La presque totalité des gaz dégagés semble donc provenir d'un lavage incomplet de la mousse.

6° *Platine du commerce.* — 144^g de ce métal laminé ont donné 10$^{cm^3}$,2 de gaz, contenant :

	cm³
Hydrogène	0,47
Méthane	3,67
Oxyde de carbone	4,05
Acide carbonique	0,70
Azote	1,31
Total	10,20

7° *Platine iridié.* — Ce métal provenait probablement du dégrossissage d'étalons métriques.

Deux expériences ont été faites, la première sur 146^g de métal, la seconde sur 150^g; elles ont donné les résultats suivants :

	Expériences	
	I.	II.
	cm³	cm³
Hydrogène	3,65	2,64
Méthane	0,87	0,31
Oxyde de carbone	3,60	3,19
Acide carbonique	0,60	0,51
Azote	1,08	0,55
Total	9,80	7,20

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des éthers mésoxaliques avec les carbures aromatiques.* Note de MM. **A. Guyot** et **G. Esteva**, présentée par M. A. Haller.

On sait que l'acide mésoxalique peut se condenser avec le toluène en présence d'acide sulfurique concentré; cette observation est due à Böttinger (¹), qui s'est borné à signaler le fait; il n'a donné aucune analyse du produit de condensation ainsi obtenu et n'en a pas poursuivi l'étude.

Il nous a semblé que la réaction de Böttinger n'était qu'un cas particulier d'une réaction beaucoup plus générale, rentrant dans le cadre des condensations décrites dans une précédente Communication par MM. Guyot et Michel (²), et que tous les carbures aromatiques se prêteraient à des condensations analogues. Les recherches qui font l'objet de la présente Note ont été entreprises en vue de confirmer ces prévisions. Toutefois, au lieu de

(¹) Böttinger, *Ber. d. deutsch. Chem. Gesell.*, t. XIV, 1881, p. 1235.
(²) Guyot et Michel, *Comptes rendus*, 25 janvier 1909, p. 229.

prendre l'acide mésoxalique comme point de départ, nous avons préféré nous adresser à ses éthers, les produits de condensation qui en dérivent étant beaucoup plus stables que les acides correspondants. Le mode opératoire est des plus simples :

On agite avec 2 parties d'acide sulfurique concentré 1 partie d'éther mésoxalique dissous ou mis en suspension dans 3 parties d'un carbure aromatique. Ces proportions n'ont évidemment rien d'absolu. Le mélange s'échauffe et prend une coloration variable avec le carbure mis en œuvre; la condensation est généralement complète après 30 minutes à 1 heure de contact. On verse alors le produit de la réaction sur de la glace, on reprend par l'éther, on lave la solution éthérée au carbonate de soude, on chasse l'éther et l'excès de carbure par distillation, et l'on soumet le résidu à la distillation fractionnée dans le vide.

On obtient ainsi deux fractions principales :

La première fraction est formée par un éther phényltartronique qui a pris naissance en vertu de l'équation

$$CO\begin{cases}CO^2R\\CO^2R\end{cases} + C^6H^6 = C^6H^5 - C\begin{cases}CO^2R\\OH\\CO^2R\end{cases}$$

La deuxième fraction résulte de la fixation d'une seconde molécule de carbure sur l'éther phényltartronique formé dans une première phase :

$$C^6H^5 - C\begin{cases}CO^2R\\OH\\CO^2R\end{cases} + C^6H^6 = H^2O + C^6H^5 - C\begin{cases}CO^2R\\C^6H^5\\CO^2R\end{cases}$$

C'est donc un éther diphénylmalonique qu'on peut reproduire très commodément par condensation directe d'un carbure avec un éther phényltartronique. Comme on pouvait le prévoir, cette deuxième fraction est d'autant plus abondante qu'on a laissé monter davantage la température lors de la condensation et que les réactifs ont été plus longtemps en contact. Nous avons ainsi préparé :

Le phényltartronate de méthyle $C^6H^5 - COH(CO^2CH^3)^2$. Aiguilles soyeuses fondant à 67° et bouillant à 165° sous 11mm.

Le phényltartronate d'éthyle $C^6H^5 - COH(CO^2C^2H^5)^2$. Masse cristalline fondant à 28° et distillant à 170° sous 10mm.

Le *p*-tolyltartronate de méthyle $CH^3C^6H^4 - COH(CO^2CH^3)^2$. Très beaux cristaux fondant à 72°. Distille à 175° sous 11mm.

Le *p*-tolyltartronate d'éthyle $CH^3C^6H^4 - COH(CO^2C^2H^5)^2$. Prismes volumineux fondant à 41°. Distille à 180° sous 9mm.

Le ditolylmalonate de méthyle $(CH^3C^6H^4)C(CO^2CH^3)^2$. Aiguilles blanches fondant à 126°,5.

Le ditolylmalonate d'éthyle $(CH^3C^6H^4)^2C(CO^2C^2H^5)^2$. Gros prismes fondant à 93°,5.

Le xylyltartronate de méthyle $(CH^3)^2C^6H^3COH(CO^2CH^3)^2$ (au moyen de l'orthoxylène). Aiguilles fondant à 94°,5. Distille à 185° sous 11mm.

Le xylyltartronate d'éthyle $(CH^3)^2C^6H^3COH(CO^2C^2H^5)^2$. Masse cristalline fondant à 35° et distillant à 193° sous 13mm.

Le dixylyltartronate de méthyle $[(CH^3)^2C^6H^3]^2C(CO^2CH^3)^2$. Cristaux fusibles à 135°.

Le dixylyltartronate d'éthyle $[(CH^3)^2C^6H^3]^2C(CO^2C^2H^5)^2$. Prismes volumineux fondant à 67°.

Le phényltolylmalonate d'éthyle $C^6H^5-C\begin{cases}CO^2C^2H^5\\ C^6H^4-CH^3\\ CO^2C^2H^5\end{cases}$, par condensation du phényltartronate d'éthyle avec le toluène ou inversement du tolyltartronate d'éthyle avec le benzène. Prismes blancs fondant à 55°,5.

Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible de remplacer dans ces condensations les éthers mésoxaliques par les éthers isonitrosomaloniques, beaucoup plus accessibles. On pouvait espérer que, sous l'influence de l'acide sulfurique concentré, ces composés, qui ne sont autres que les oximes des éthers mésoxaliques, se saponifieraient en donnant du sulfate d'hydroxylamine et l'éther mésoxalique correspondant. En agitant pendant 3 heures un mélange de 1 partie d'isonitrosomalonate d'éthyle, 6 parties de toluène et 2 parties d'acide sulfurique concentré, nous avons pu reproduire en effet le ditolylmalonate d'éthyle décrit plus haut; mais les rendements sont très médiocres, et la majeure partie de l'éther isonitrosé échappe à la réaction et se retrouve inaltérée dans les traitements ultérieurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'élatérine et quelques-uns de ses dérivés.* Note de M. A. Berg, présentée par M. A. Haller.

Une publication de M. Hemmelmayr sur l'élatérine, insérée dans les *Monatshefte für Chemie* (1), postérieurement à mes Notes sur le même sujet (2), m'oblige à faire connaître mes nouvelles recherches.

---

(1) *Monats. für Chem.*, 1906, p. 1167.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, p. 435; 4e série, t. I, p. 877; *Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 1161.

Dans ce travail, l'auteur donne la description de corps que j'ai le premier obtenus. Il est en discordance avec moi sur quelques points, entre autres sur le poids moléculaire de l'élatérine à laquelle il donne la formule $C^{24}H^{34}O^6 = 418$ au lieu de $C^{28}H^{38}O^7 = 486$, formule que j'avais indiquée.

L'élatérine est très peu soluble dans les dissolvants usités en cryoscopie, exception faite pour le phénol qui la dissout en toutes proportions. C'est ce qui m'avait fait choisir ce corps pour mes premières déterminations qui m'avaient donné pour poids moléculaire 466 et 472 (¹).

M. Hemmelmayr s'est servi, pour cette détermination, de l'ébullioscopie au sein de l'acide acétique qui dissout très peu l'élatérine. Aussi a-t-il eu une faible élévation du point d'ébullition qui l'a conduit aux nombres 391 et 405.

Afin de vérifier mes premiers résultats et pouvoir effectuer les déterminations cryoscopiques au sein de l'acide acétique et dans de bonnes conditions, je me suis adressé, non à l'élatérine, mais à certains de ses dérivés très solubles dans ce dissolvant. Ces nouvelles déterminations se sont trouvées en parfait accord avec mon hypothèse.

Diacétylélatérine. — J'ai montré le premier que l'anhydride acétique réagit facilement sur l'élatérine en donnant un dérivé diacétylé, poudre blanche, amorphe, insoluble dans l'éther de pétrole, peu soluble dans le sulfure de carbone, très soluble dans l'éther, l'alcool, le chloroforme, l'acide acétique. M. Hemmelmayr, qui a reproduit ce corps, en donne une description en complet accord avec ce que j'avais déjà observé.

Son analyse s'accorde avec la formule $C^{32}H^{42}O^9$.

La cryoscopie dans l'acide acétique m'a donné comme poids moléculaire 565 et 575 au lieu de 570 qu'exige ma formule, alors que celle d'Hemmelmayr demande 502 seulement.

Élatéridine. — Par l'action de la potasse ou de la soude alcoolique, j'ai montré que l'élatérine subit un premier dédoublement avec formation de 1^{mol} d'acide acétique et d'un corps à allures phénoliques que j'ai appelé *élatéridine*. L'élatérine contient donc un groupe acétyle.

Je m'attendais à trouver à l'analyse de l'élatéridine des nombres en accord avec la formule $C^{26}H^{36}O^6$, car la réaction semblait être

$$C^{28}H^{38}O^7 + H^2O = C^2H^4O^2 + C^{26}H^{36}O^6.$$

Or un tel corps exigerait 70,27 pour 100 de carbone, tandis que les analyses m'ont donné en moyenne 67,77 pour 100 de carbone et 8,22 d'hydrogène, chiffres qui conduisent à la formule $C^{26}H^{38}O^7$ différant de la précédente par H^2O en plus. La réaction

(¹) M. Pollak, qui a repris mes expériences, a trouvé dans les mêmes conditions 445 et 476 (*Berichte der deut. chem. Gesell.*, t. XXXIX, p. 3380).

est donc

$$C^{28}H^{38}O^{7} + 2H^{2}O = C^{2}H^{4}O^{2} + C^{26}H^{38}O^{7}.$$

Ce corps complètement incristallisable, à peu près insoluble dans l'éther de pétrole, très peu soluble dans le sulfure de carbone, très soluble dans l'éther, l'alcool, le chloroforme, l'acide acétique, m'a donné par cryoscopie dans l'acide acétique les poids moléculaires 477 et 452, le chiffre correspondant à ma formule étant 462.

Il est soluble dans les alcalis caustiques, et ces solutions sont précipitées par l'anhydride carbonique.

Anhydroélatéridine. — M. Hemmelmayr, en employant la saponification sulfurique au lieu de la saponification par les alcalis, a obtenu, en même temps que de l'acide acétique, un corps qu'il croit identique au précédent et qu'en conséquence il appelle aussi *élatéridine*. Mais, à l'analyse, ce corps donne 70 pour 100 environ de carbone. Il représente dès lors le composé $C^{26}H^{36}O^{6}$ formé suivant la première des équations ci-dessus. Il diffère donc de l'élatéridine par 1^{mol} d'eau en moins, et je propose de lui donner le nom d'*anhydroélatéridine*.

La cryoscopie de ce corps dans l'acide acétique est encore en accord avec mon hypothèse, puisque j'ai trouvé ainsi 454 au lieu de 444 correspondant à ma formule, tandis que celle de M. Hemmelmayr exige 376.

Dérivés bromés de l'élatérine. — M. Hemmelmayr s'est encore appuyé, pour la détermination de la grandeur moléculaire de l'élatérine, sur la composition d'un dérivé contenant 16 pour 100 de brome qu'il croit être la monobromélatérine. Dans mon hypothèse, ce corps devrait ne contenir que 14 pour 100 de ce métalloïde.

En opérant comme l'a fait cet auteur, j'ai constaté que l'élatérine absorbait une quantité de brome bien supérieure à celle nécessaire à la production d'un dérivé monobromé. J'ai pu obtenir ainsi une teneur en brome de 28 pour 100, et, avec un excès de ce métalloïde agissant pendant assez longtemps, cette teneur s'est élevée jusqu'à 37,95.

Ces différents produits sont des mélanges, car, en les redissolvant dans l'alcool et les soumettant à une précipitation fractionnée par l'eau, ils se scindent en plusieurs parties ayant des teneurs différentes en brome.

On voit donc que ces dérivés bromés, qui seraient particulièrement utiles pour établir le poids moléculaire de l'élatérine s'ils étaient cristallisés et pouvaient être obtenus purs, ne peuvent en aucune façon servir à cette détermination, puisque les mélanges obtenus sont impossibles à séparer nettement, à cause de l'état amorphe et des propriétés voisines de tous ces corps.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la semicarbazide sur les aldéhydes chlorées.* Note de M. **André Kling**, présentée par M. A. Haller.

A l'occasion d'un travail qui sera publié ultérieurement, j'ai cherché à caractériser et à doser les aldéhydes chlorées à l'aide de la semicarbazide.

Les résultats n'ont pas répondu à mes espérances. Mais j'ai fait néanmoins, au cours de mes essais, quelques observations que je crois utile de signaler.

Chloral. — Si l'on fait agir la semicarbazide pure sur le chloral anhydre, même dilué dans un solvant inerte, il se déclare une violente réaction donnant naissance à des produits résineux d'où je n'ai pu extraire aucune substance définie. Il n'en est plus de même si l'on mélange deux solutions aqueuses, pas trop étendues et contenant l'une 1^{mol} d'hydrate de chloral, l'autre 1^{mol} de semicarbazide ou d'acétate de cette base. Dans ces conditions, on obtient au bout de quelque temps, surtout si la température est basse, de petits cristaux incolores, peu solubles dans l'eau, un peu plus dans l'alcool, se décomposant lorsqu'on les échauffe et ne présentant pas de point de fusion déterminé, mais jaunissant et commençant à se décomposer vers 90°.

On obtient également le même composé lorsqu'au lieu d'employer des solutions aqueuses on opère en solutions alcooliques, en substituant l'alcoolate à l'hydrate de chloral.

Ce composé $C^3H^6O^2Az^3Cl^3$ est peu stable. Au bout de quelques jours il jaunit, devient pâteux et prend une réaction acide. Sa décomposition est immédiate lorsqu'on élève sa température, ou mieux encore lorsqu'on le fait bouillir avec de l'alcool ou avec de l'eau. Dans ce dernier cas, on constate la formation d'acide chlorhydrique qui reste en solution et l'on obtient comme résidu une poudre microcristalline, très peu soluble dans l'eau froide, un peu plus dans l'eau chaude, fondant avec décomposition vers 235°-238° et que son analyse et ses propriétés identifient avec l'acide semicarbazone-glyoxylique décrite par M. Bouveault.

De ce qui précède il résulte que le composé $C^3H^6O^2Az^3Cl^3$ doit être représenté par la formule $CCl^3.CH\left\langle\begin{matrix}OH\\ AzHAzHCOAzH^2\end{matrix}\right.$ qui en fait une semicarbazide de l'hydrate de chloral et qui, sous l'influence de l'eau chaude, se décompose ainsi :

$$\underbrace{CCl^3CH\left\langle\begin{matrix}OH\\ AzH-AzH-COAzH^2\end{matrix}\right.}_{\text{Semicarbazide de l'hydrate de chloral.}} \rightarrow \underbrace{\left.\begin{matrix}O\\ HO\end{matrix}\right\rangle C-CH=AzAzHCO-AzH^2}_{\text{Acide semicarbazone-glyoxylique.}}$$

Il est intéressant de remarquer que l'alcoolate de chloral $CCl^3CH\left\langle\begin{matrix}OH\\ OC^2H^5\end{matrix}\right.$ fournit la même semicarbazide que l'hydrate et non pas le dérivé éthylé de celle-ci.

Malgré la faible solubilité de l'acide semicarbazone-glyoxylique la formation de cet acide ne peut être utilisée à la préparation et au dosage du chloral parce que, d'une part, la semicarbazide de l'hydrate de chloral ne se forme pas en quantité théorique lorsqu'on mélange ses réactifs générateurs et que, d'autre part, sa décomposition en semicarbazone ne s'effectue pas en présence de ceux-ci. C'est ainsi qu'on n'obtient aucun précipité lorsqu'on soumet à l'ébullition une solution aqueuse d'hydrate de chloral mélangée à de la semicarbazide ou à son acétate.

Aldéhyde dichlorée. — Si l'on évapore dans le vide une solution alcoolique contenant 1^{mol} de semicarbazide et 1^{mol} d'hydrate d'aldéhyde dichlorée, on obtient une masse cristalline formée presque exclusivement de semicarbazone de l'aldéhyde dichlorée. Par

cristallisation dans le chloroforme bouillant (épuisement au Soxlet), on purifie cette dernière et l'on obtient des cristaux microscopiques fusibles avec décomposition vers 155°-156° et répondant à la formule $C^3H^5OCl^2Az^3$.

C'est donc bien la semicarbazone de l'aldéhyde dichlorée.

A froid cette semicarbazone est stable, mais si, après l'avoir mise en suspension dans l'eau, on porte le mélange à l'ébullition, on le transforme, avec perte d'acide chlorhydrique, en semicarbazone du glyoxal

$$\begin{array}{l} CH = Az - AzH - CO - AzH^2, \\ | \\ CH = Az - AzH - CO - AzH^2, \end{array}$$

déjà décrite par Harries.

Si au lieu d'opérer en solution alcoolique on mélange deux dissolutions contenant l'une 1^{mol} d'hydrate d'aldéhyde dichlorée, l'autre 1^{mol} de semicarbazide, on obtient, au bout de quelque temps, un précipité formé par de la semicarbazone d'aldéhyde dichlorée mélangée à de notables proportions de semicarbazone du glyoxal.

Aldéhyde monochlorée. — En opérant en solution alcoolique en partant de l'hydrate d'aldéhyde monochlorée (1^{mol}) et de la semicarbazide (1^{mol}), puis en évaporant dans le vide sulfurique, on obtient une masse cristalline qui, purifiée par des recristallisations dans l'alcool froid, fournit une poudre microcristalline fondant avec décomposition vers 134°-135° et donnant à l'analyse les nombres exigés par la formule

$$CHCl^2.CH = Az - AzH.CO.AzH^2.$$

Cette semicarbazone, stable à la température ordinaire, se décompose lorsqu'on fait bouillir ses solutions aqueuses ou alcooliques en perdant de l'acide chlorhydrique et en donnant des produits de point de fusion élevé. L'insuffisance de matières premières ne m'a pas permis de déterminer la nature de ceux-ci.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelles réactions très sensibles pour la recherche et l'identification de la glycérine.* Note de M. **Georges Denigès.**

L'identification rigoureuse et rapide de la glycérine est un problème de Chimie analytique incomplètement résolu. Il n'est même pas ébauché lorsqu'il s'agit de très faibles quantités de ce corps, et cependant il peut y avoir un sérieux intérêt à en rechercher des traces dans l'étude des fermentations ou des excreta biologiques.

En transformant ce trialcool, à l'aide des halogènes, en dioxyacétone et utilisant les réactions colorées de ce produit [1] que nous avons récemment

[1] Ou plus exactement du méthylglyoxal qui en dérive par anhydrisation.

fait connaître (1), ainsi que quelques autres propriétés le concernant, nous avons de la glycérine, même à l'état de traces.

Pour la transformation cherchée, on peut employer l'eau chlorée ou l'eau bromée. Ce dernier réactif étant plus rapidement obtenu à un titre connu, nous le conseillons de préférence en général, l'eau chlorée ayant des indications spéciales que nous ferons connaître.

Afin de bien fixer le mode opératoire, nous prendrons d'abord le cas de l'identification de la glycérine lorsqu'on en possède des doses suffisantes.

Mettre dans un tube à essai (de 15^{cm} à 20^{cm} sur 18^{mm} à 20^{mm}) $0^{g},08$ à $0^{g},10$ (sans dépasser ce dernier chiffre) de glycérine, ou encore 1^{cm^3} d'une solution à 10 pour 100 de ce produit, et ajouter 10^{cm^3} d'eau bromée récemment préparée en agitant fortement dans un flacon à l'émeri de 200^{cm^3} à 250^{cm^3} et jusqu'à dissolution, $0^{cm^3},3$ de brome dans 100^{cm^3} d'eau distillée (2).

Porter le tube au bain d'eau bouillante pendant une vingtaine de minutes. Retirer de l'eau et chauffer aussitôt à l'ébullition jusqu'à disparition complète des vapeurs de brome. Laisser refroidir et procéder aux réactions avec le liquide obtenu que nous désignerons par la lettre G.

A. Réactions de coloration. — 1° *Réactions obtenues directement.* — Mettre, dans quatre tubes à essai, $0^{cm^3},1$ de solution alcoolique des corps suivants :

De *codéine* au vingtième dans un premier tube;

De *résorcine* au vingtième dans un deuxième tube;

De *thymol* au vingtième dans un troisième tube;

De β-*naphtol* au cinquantième dans un quatrième tube.

Dans le tube à codéine, ajouter $0^{cm^3},2$ de G et $0^{cm^3},2$ d'eau; dans chacun des trois autres tubes, $0^{cm^3},4$ de G, sans eau. Dans chaque tube, verser ensuite 2^{cm^3} d'acide sulfurique ($D = 1,84$), agiter et porter durant 2 minutes, au bain-marie bouillant, seuls les tubes à codéine et à naphtol et non les autres. On observe ainsi, après 2 minutes de contact :

Avec la codéine, une belle coloration bleue teintée de vert et une forte bande d'absorption dans le rouge (réaction très caractéristique);

Avec le β-napthol, une coloration vert émeraude, une fluorescence verte et deux bandes d'absorption (dans le vert et le rouge);

Avec la résorcine, une couleur rouge sang — jaune rouge ou jaune par dilution acétique ou sulfurique ($D = 1,80$) suffisante — et deux bandes d'absorption dans le bleu et le jaune;

Avec le thymol, une coloration rouge vineux, rosée par dilution.

2° *Réactions obtenues en présence de* BrK. — Mettre, dans deux tubes à essai,

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 172, 282, 422.

(2) Ce volume sera exactement mesuré, par exemple à l'aide d'un tube effilé, de très faible diamètre, qu'on aura jaugé soi-même à $0^{g},30$ d'eau.

$0^{cm^3},1$ d'une solution à 4 pour 100 de BrK, $0^{cm^3},4$ de G et $0^{cm^3},1$ d'une solution alcoolique au vingtième, pour l'un d'acide salicylique, pour l'autre de gayacol. Ajouter, dans chaque tube, 2^{cm^3} de SO^4H^2 (D = 1,84) et porter 2 minutes au bain-marie bouillant.

Au bout de ce temps on observe, avec l'acide salicylique, une coloration rouge violacé intense et deux principales bandes d'absorption dans le jaune et le bleu (réaction très sensible et caractéristique).

Avec le gayacol, une teinte bleue intense et une bande dans le rouge.

B. Réactions hydraziniques. — 1° *Réaction directe.* — Mettre, dans un petit tube à essai, $0^{cm^3},5$ de G et $0^{cm^3},5$ d'un réactif préparé en dissolvant 1^{cm^3} de phénylhydrazine liquide dans un mélange de 4^{cm^3} d'acide acétique pur et de 20^{cm^3} d'une solution au dixième d'acétate de sodium cristallisé. Agiter, maintenir 20 minutes au bain d'eau bouillante et laisser refroidir 1 heure. Au bout de ce temps, il se sera déposé un abondant précipité jaune de glycérosazone se présentant, au microscope, sous l'aspect d'aiguilles flexueuses, rayonnant autour d'un centre commun et parsemées de grains jaunes arrondis.

2° *Réaction indirecte.* — 5^{cm^3} de G sont additionnés de 1^{cm^3} de SO^4H^2 et distillés dans un petit ballon à tube latéral communiquant avec un réfrigérant. On recueille $1^{cm^3},5$ à 2^{cm^3} de liquide. On en met 1^{cm^3} dans un petit tube à essai avec 1^{cm^3} du réactif hydrazinique précédent et l'on agite pour mélanger. Il se forme aussitôt, à froid, un trouble blanc jaunâtre, devenant cristallin par le temps. Après une demi-heure au moins de repos, on examine au microscope et l'on aperçoit un grand nombre d'amas cristallins, à type stellaire, formés par l'osazone du méthylglyoxal, lequel a pris naissance par l'action de SO^4H^2 sur la dioxyacétone de G.

C. Réactions de réduction. — On les réalise avec $0^{cm^3},5$ de G, mélangés à $0^{cm^3},5$ de réactif de Nessler ou de liqueur de Fehling, ordinaire ou ferro-cyanurée. Après 2 minutes de contact, à froid, on observe avec le premier un précipité noir de Hg réduit; avec la seconde, un précipité rougeâtre de Cu^2O; avec la troisième, un précipité blanc de ferro-cyanure cuivreux.

Dans le cas de l'identification de très faibles quantités de glycérine, on procéderait comme dans l'exemple qui vient d'être étudié, mais en opérant sur un résidu d'extraction glycérique inférieur à $0^{g},10$. Les réactions colorées, surtout celles de la codéine et de l'acide salicylique, sont alors les plus sensibles et souvent les seules applicables (limite, $0^{mg},05$ de glycérine dans le résidu examiné, soit $0^{mg},002$ à $0^{mg},003$ dans les $0^{cm^3},4$ de G employés). La limite de sensibilité peut encore reculée en évaporant G à 1^{cm^3} par exemple.

Nota. — L'oxydation manganique de la glycérine peut fournir des réactions parallèles, mais non identiques à celles qui viennent d'être examinées.

BOTANIQUE. — *Production expérimentale de tubercules blancs et de tubercules noirs à partir de graines de Radis rose.* Note de M. **Marin Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Overton (¹) a montré dans ses recherches sur l'anthocyane que la formation de ce pigment est sous la dépendance de la teneur en sucres des tissus où il est susceptible de se former; j'ai, de mon côté (²), observé que l'anthocyane apparaissait abondamment dans diverses plantes, telles que le Radis, cultivées en milieux contenant, en quantité suffisante, diverses substances sucrées; les feuilles présentaient un suc cellulaire rouge surtout dans leur région pétiolaire, alors qu'elles en étaient complètement dépourvues dans les milieux exclusivement minéraux; lorsque les tubercules se constituaient mi-partie dans l'air, mi-partie dans le milieu nutritif, ils présentaient l'aspect des Radis roses à bout blanc dont j'avais semé les graines, avec une simple accentuation du pigment rouge lorsque la dose de sucre fourni était assez considérable.

Mais, lorsque les tubercules se forment entièrement à l'intérieur du milieu gélosé, leur aspect devient tout différent et le pigment fait complètement défaut dans les cellules périphériques; cette absence d'anthocyane nous apparaît comme due à ce que le milieu gélosé laisse diffuser difficilement l'oxygène et à ce que ce gaz joue un rôle important dans la formation du pigment; Palladine (³) vient précisément de soutenir que l'apparition de l'anthocyane est sous la dépendance d'oxydases; j'avais déjà fourni quelques faits qui permettaient de mettre en évidence, sinon l'intervention d'oxydases, tout au moins l'action de l'oxygène sur la constitution du pigment en question; je rappelle, par exemple, que des radicelles de Radis, qui étaient restées accidentellement à la surface des milieux sucrés gélosés, y acquéraient une coloration rouge analogue à celle des tubercules normaux; c'est la contre-partie de ce qui se passe pour les tubercules complètement enfoncés dans la gélose.

En dehors de l'oxygène, deux autres facteurs pourraient intervenir dans la comparaison des deux milieux qui sont en jeu, surface de la gélose, d'une part, et gélose en profondeur, d'autre part; ce sont la lumière et la transpiration qui peuvent agir d'une manière plus intense à la surface qu'en profondeur; mais, si l'on effectue des cultures de Radis dans des milieux sucrés liquides, en laissant les plantes complètement immergées, on éliminera ces deux facteurs qui interviendront d'une manière homogène dans

---

(¹) Overton, *Beobachtungen und Versuche über das Auftreten von rothen Zellsaft bei Pflanzen* (*Jahrb. f. wiss. Botanik*, t. XXXIII, 1899).

(²) Molliard, *Action morphogénique de quelques substances organiques sur les végétaux supérieurs* (*Rev. gén. de Bot.*, t. XIX, 1907, p. 241).

(³) Palladine, *Ueber die Bildung der Atmungschromogene in den Pflanzen* (*Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.*, 1908, p. 389).

toute la masse liquide; or on constate que, lorsque les feuilles se développent à une profondeur d'environ 10^{cm}, elles ne produisent plus ou presque plus d'anthocyane dans un milieu qui est capable de faire apparaître très abondamment le pigment pour les feuilles situées seulement à peu de distance de la surface libre; dans ces nouvelles conditions de culture, l'oxygène diffuse simplement plus facilement que dans la gélose et peut permettre la formation de l'anthocyane jusqu'à une certaine profondeur.

Peut-être peut-on voir dans les conditions de formation de tubercules de Radis entièrement blancs que j'ai obtenus une explication de l'aspect normal des tubercules de la race cultivée; l'existence d'une extrémité blanche correspondrait à une région où l'oxygène arrive moins abondamment.

Les tubercules blancs de Radis dont je viens de parler sont obtenus dans des milieux contenant un sucre, tel que le glucose, à la dose de 5 à 10 pour 100; au delà de cette dernière concentration, pour une teneur de 15 pour 100 en glucose, par exemple, l'aspect extérieur des tubercules change très fréquemment; leur surface devient écailleuse et prend une coloration grise, pouvant même devenir complètement noire; les écailles qui se constituent ainsi et se trouvent plus ou moins rapprochées les unes des autres, suivant les échantillons, sont formées par des cellules dont le protoplasme a subi une dégénérescence qui débute par l'apparition de globules sphériques colorables par la teinture d'alkanna et aboutit à la formation d'une masse foncée, desséchée, accolée contre la membrane; si des grains d'amidon existaient dans ces cellules, ils y subsistent, englobés par la même matière foncée; la membrane elle-même offre les réactions de la subérine, et, en suivant la marche de cette subérisation, on constate qu'elle débute par les angles de la lamelle moyenne, qui est ensuite complètement transformée; il semble toujours rester une petite couche de cellulose pure du côté de chaque cellule.

Je n'ai jamais pu observer de microorganismes dans les cultures qui ont abouti à la formation de ces tubercules, non plus que dans les cellules extérieures de ceux-ci; d'ailleurs le fait que ce n'est que dans les milieux particulièrement concentrés en sucres que le phénomène apparaît pouvait *a priori* exclure l'idée d'une action bactérienne, et c'est à cette concentration même que la transformation doit être rapportée; on serait en présence d'une sorte de dessiccation des cellules extérieures par le milieu au contact duquel elles se trouvent.

On ne peut s'empêcher de rapprocher l'allure des tubercules ainsi obtenus de ceux qui se constituent normalement dans les races de Radis à tuber-

cules noirs; les cellules périphériques ont, dans les deux cas, des caractères très comparables; on retrouve le même phénomène de subérisation, présentant la même évolution; la même matière noire se constitue contre les membranes aux dépens du protoplasme, les mêmes globules huileux, colorables par l'alkanna, apparaissent dans les cellules en voie de transformation; on observe la même distribution des cellules mortifiées en plaques écailleuses qui sont simplement plus régulièrement confluentes dans les Radis normalement noirs; la seule différence consiste en ce que, dans ces derniers, il se forme de plus abondants cloisonnements tangentiels amenant la constitution d'un véritable liège secondaire, mais encore ceux-ci ne s'observent-ils pas uniformément.

Il me paraît difficile de rapporter avec sécurité à une même action la production de ce tissu subérisé dans les Radis noirs normaux et dans ceux que j'ai obtenus artificiellement à partir de graines de Radis roses; il est du moins satisfaisant d'admettre dans les deux cas une réaction des cellules extérieures vis-à-vis d'un milieu déshydratant; pour les tubercules que j'ai observés dans mes cultures, le tissu formé empêcherait la dessiccation des cellules plus profondes, par suite d'une déshydratation due à la concentration du milieu extérieur; pour les Radis normalement noirs il pourrait correspondre à la même réaction, réalisant une adaption à un terrain sec, ce qui concorderait d'autre part avec le fait qu'il se forme de l'amidon chez les variétés à tubercules noirs, alors que ce corps fait défaut, dans les conditions ordinaires de culture, chez les variétés à tubercules roses. Quelle que soit la valeur de ce rapprochement, il est intéressant d'observer qu'un même végétal peut, dans des conditions bien déterminées, donner naissance à des tubercules rouges, blancs ou noirs.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'antagonisme du citrate trisodique et du calcium dans le fonctionnement du cœur et de son appareil nerveux modérateur.* Note de MM. **H. Busquet** et **V. Pachon**, présentée par M. Dastre.

Nos recherches ont montré que le citrate neutre de sodium exerce sur le cœur et son appareil nerveux modérateur une action toxique, qui doit être rapportée à un mécanisme décalcifiant [1].

---

[1] H. Busquet et V. Pachon, *Comptes rendus Soc. Biol.*, t. LXVI, 1909, p. 127, 247, 285.

Les expériences nouvelles, relatées dans cette Note, sont destinées à la fois à mettre en évidence et à caractériser l'antagonisme qui se manifeste entre le citrate trisodique et le chlorure de calcium dans le fonctionnement du cœur et de son appareil nerveux modérateur. Leurs résultats s'ajouteront au faisceau de preuves qu'a déjà donné Sabbatani ([1]) pour établir que l'action biologique du citrate de sodium relève, en dernière analyse, d'une immobilisation chimique du calcium.

Expériences sur le cœur. — Les expériences ont été faites sur *Rana esculenta* et par la méthode des *circulations artificielles*.

Les individus expérimentés sont des individus vigoureux, récemment parvenus au laboratoire, d'ailleurs alimentés d'une façon systématique avec de la viande de veau, de mouton, ou même de grenouille, de façon à les maintenir en équilibre de poids. Celui-ci varie de 45^g à 70^g, suivant les individus. La grenouille est immobilisée par destruction de la moelle, saignée par l'une des branches aortiques; puis on fixe à la veine cave ascendante une canule fine, reliée à un système de burettes de Mohr disposées en tubes de Mariotte et contenant les divers liquides à examiner. Un dispositif approprié permet le débit isolé et *ad libitum* de l'une quelconque des burettes. Un manomètre à eau, placé en dérivation au voisinage de l'entrée de la canule dans le cœur, donne la pression sous laquelle se fait le débit, soit 2^{cm},5 d'eau. Le fonctionnement du cœur est enregistré avec la pince cardiaque de Marey.

Dans ces conditions, nous faisons passer à travers le cœur soit l'une ou l'autre des solutions suivantes, parfaitement limpides et dépourvues de tout précipité :

1° Chlorure de sodium	6^g
Chlorure de calcium	0^g,05
Citrate neutre de sodium	1^g,20
Eau distillée	q. s. pour 1000
2° Chlorure de sodium	6^g
Chlorure de calcium	0^g,15
Citrate neutre de sodium	1^g,20
Eau distillée	q. s. pour 1000

Le lavage du cœur par la première solution produit *immédiatement* l'arrêt de l'organe *en diastole*.

L'irrigation du cœur par la deuxième solution, également citratée mais plus riche en calcium, permet, au contraire, un excellent fonctionnement cardiaque.

Étant donné le rôle important du calcium dans le fonctionnement du

(1) L. Sabbatani, *Arch. ital. de Biol.*, t. XXXVI, 1901, p. 397, 416; *Id.*, t. XXXIX, 1903, p. 333; *Id.*, t. XLIV, 1905, p. 361.

cœur, et dont les travaux fondamentaux de S. Ringer ont fait depuis longtemps la preuve, l'interprétation de ces résultats est claire.

Dans le cas de la solution 1° l'ion calcium est empêché par le citrate d'exercer son action spécifique sur le cœur. Mais, de même qu'un plasma citraté coagule par addition d'une dose convenable de calcium dissous, il a été possible d'ajouter à la solution 2° une dose de Ca suffisante à triompher de l'action antagoniste du citrate. L'antagonisme existe donc et il est, on le voit, d'ordre chimique : le sens de la réaction biologique résulte de proportions définies entre le citrate trisodique et le chlorure de calcium.

Expériences sur le nerf vague. — Les expériences sont de même ordre que les précédentes et les résultats identiques.

Tandis que, dans les conditions de technique indiquées ci-dessus, nous faisons circuler, à travers le cœur *in situ* de *Rana esculenta*, les divers liquides d'expérience, nous interrogeons le nerf vague à l'aide d'excitations fournies par un chariot d'induction (petit modèle de Gaiffe, à rythme d'interruptions réglable).

Les solutions expérimentées sont les suivantes :

1° Chlorure de sodium	6g
Chlorure de calcium	0g,05
Citrate neutre de sodium	0g,50
Eau distillée	q. s. pour 1000
2° Chlorure de sodium	6g
Chlorure de calcium	0g,10
Citrate neutre de sodium	0g,50
Eau distillée	q. s. pour 1000

Les liqueurs renferment, cette fois, une dose moindre de citrate, parce qu'il nous est nécessaire, pour notre ordre nouveau d'expériences, d'avoir, dans les deux cas, la persistance du fonctionnement cardiaque.

Pendant l'irrigation du cœur par la solution 1°, l'excitation faradique du nerf vague ne produit plus son effet d'arrêt ordinaire sur le cœur : la fonction de l'appareil nerveux modérateur cardiaque est suspendue. Pendant l'irrigation du cœur par la solution 2°, l'excitation du vague récupère, au contraire, son effet cardio-inhibiteur.

Étant donnée la démonstration que nous avons faite [1] du rôle du calcium dans le fonctionnement de l'appareil d'arrêt cardiaque, là encore l'interpré-

(1) H. Busquet et V. Pachon, *Inhibition cardiaque et calcium* (*C. R. de la Soc. de Biol.*, t. LXV, 1908, p. 599).

tation des résultats est évidente. Dans la solution 1° l'ion calcium a été empêché par le citrate de manifester son action spécifique sur l'appareil modérateur du cœur. Dans la solution 2° la dose de $CaCl^2$ s'est trouvée assez forte pour permettre, en présence du citrate, une ionisation du calcium suffisante à assurer sa fonction biologique modératrice cardiaque. Et, de même encore, l'antagonisme est là de nature chimique : les résultats de la réaction s'inversent pour des proportions définies entre le citrate trisodique et le chlorure de calcium.

En résumé, il existe entre le citrate trisodique et le calcium un antagonisme qui se manifeste avec netteté dans le fonctionnement du cœur et de l'appareil nerveux modérateur cardiaque. Cet antagonisme est de nature chimique. En proportions définies dans une solution de chlorure de calcium, le citrate neutre de sodium empêche l'ion calcique d'exercer sa spécificité d'action sur le cœur et le nerf vague : dans ces conditions, le citrate de sodium se comporte, au point de vue physiologique, comme un véritable décalcifiant. Une dose convenable de chlorure de calcium triomphe de l'action empêchante du citrate.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Marche de l'oxydation et de l'hydrolyse de l'amidon et de ses constituants sous l'action du peroxyde d'hydrogène.* Note de Mme **Z. Gatin-Gruzewska**, présentée par M. Dastre.

Le glycogène, l'amidon, l'inuline, les mannogalactanes et la xylane subissent, sous l'action de H^2O^2, à la fois une hydrolyse et une oxydation (1). On trouve, dans le cas de l'amidon, à la fin de la réaction, de l'acide oxalique et du maltose; au cours de la réaction il se forme, en outre, une ou plusieurs dextrines colorables en rouge ou non par l'iode, ainsi que de l'acide carbonique. Pour étudier simultanément la marche de la réaction de H^2O^2 sur l'amidon, on a fait chaque 24 heures des prises sur ces différents liquides placés dans les mêmes conditions. On a déterminé l'acidité avec $NaOH\frac{1}{10}N$. La quantité d'eau oxygénée a été dosée avec une solution connue de permanganate. On a déterminé en outre le pouvoir réducteur [méthode de Mohr (2)] des liquides. H^2O^2 réduisant elle-même la liqueur de Fehling, j'ai employé la

(1) Z. Gatin-Gruzewska, *Action du peroxyde d'hydrogène sur le glycogène et quelques autres polysaccharides* (*Soc. de Biol.*, t. LXIII, 1907, p. 224).

(2) Modifiée par Gabriel Bertrand.

méthode suivante pour l'éliminer : une petite portion du liquide à analyser était au moment voulu neutralisée au bicarbonate de soude et additionnée d'un peu de noir de platine. H^2O^2 se décompose immédiatement et le liquide peut être employé pour le dosage.

Je me borne ici à exposer les résultats d'ensemble des expériences, qui durent des semaines. H^2O^2 à la même concentration et dans les mêmes conditions se décompose plus rapidement dans l'eau distillée qu'en présence des substances que j'ai étudiées. Ceci s'explique par l'apparition progressive de l'acidité dans ces liquides, acidité qui, en empêchant la décomposition de H^2O^2, ralentit encore son action sur les substances.

5^{cm^3} de H^2O^2 pure dans 100^{cm^3} d'eau à 37°C. est presque totalement décomposée après 15 jours environ. En présence de 1^g d'amidon, la même quantité de H^2O^2 dans les mêmes conditions est loin d'être totalement décomposée après 6 semaines.

Les solutions d'amylopectine, d'amylose (1) et d'amidon à 1 pour 100, chauffées à 134° pendant 20 minutes, donnent des solutions opalescentes semblables à cette concentration se colorant par l'iode en bleu outremer ou bleu indigo. Mises en contact avec 5^{cm^3} de H^2O^2 pure pour 100 à 37°C., elles présentent les phénomènes suivants :

L'amylopectine. — 24 heures après ses solutions sont entièrement limpides, se colorent en rouge intense par l'iode et sont précipitables par de grandes quantités d'alcool; si l'on ajoute au liquide un alcali caustique et si on le neutralise avec HCl, il redonne la coloration rouge avec l'iode.

Avec le temps, le mélange devient de moins en moins colorable par l'iode et, vers le septième ou huitième jour, il ne donne plus de coloration; en même temps il ne précipite presque plus par l'alcool.

L'acidité augmente progressivement jusque vers le quinzième jour et reste alors constante. Cette constante correspond à $1^{cm^3},2$ de $NaOH \frac{1}{10}N$.

Les substances réductrices ont une courbe inverse. La réduction atteint son maximum au troisième jour pour aller en décroissant jusqu'à la fin de l'opération (2).

L'amylose. — 24 heures après la mise en train de l'expérience, le liquide est opalescent et se colore en bleu violacé par l'iode. Si l'on ajoute de l'alcali caustique et le neutralise, la coloration devient bleu intense, ce qui prouve l'existence de l'amylose rétrogradée.

Le quatrième jour, un liquide limpide se sépare d'un précipité floconneux. Le liquide limpide se colore faiblement en rouge et précipite par de grandes quantités d'alcool. Le précipité floconneux redonne la réaction de l'amylose rétrogradée; les réactions se reproduisent invariablement jusqu'à la disparition totale de l'amylose rétrogradée, ce

---

(1) Z. GATIN-GRUZEWSKA, *Sur la composition du grain d'amidon* (*Comptes rendus*, 1908).

(2) Je me réserve de revenir en détail sur les substances réductrices et tous les autres produits de transformation à une autre place.

qui dure 3 à 4 semaines environ. La courbe de l'acidité ressemble à celle de l'amylopectine, avec cette différence que la constante est un peu plus faible.

Le maximum de la courbe de la réduction est placé un peu plus tard.

L'*amidon* se comporte comme un mélange de deux substances.

Sa teneur en amylopectine est indiquée par l'intensité de la coloration bleu violet tirant au rouge avec l'iode pendant les premiers jours de la réaction. D'autre part, la présence de l'amylose se manifeste par l'apparition de l'amylose rétrogradée. Cette rétrogradation n'est cependant jamais aussi forte, même dans des solutions très concentrées d'amidon, que dans les solutions d'amylose pure. L'amylopectine et l'érythrodextrine semblent jouer le rôle d'un solvant vis-à-vis de l'amylose. Ce fait pourrait expliquer l'importance de la liquéfaction complète des empois d'amidon dans les actions diastasiques.

MM. Maquenne et Roux ([1]) ont observé sur l'amylose qu'ils ont préparée que l'action du malt à une température convenable la transforme presque intégralement en maltose sans formation de dextrines. J'ai constaté que l'amylose préparée par moi en partant de l'amidon cru, qui est un mélange d'amyloses différemment solubles, et celle que M. Maquenne a obligeamment mise à ma disposition, qui n'est soluble qu'à 150°, ne donnent avec le suc pancréatique de sécrétine (de chien) à 37°C., température inférieure à celle de l'action du malt, que du maltose et de l'amylose rétrogradée. Grâce à l'action extrêmement lente de H^2O^2, les stades intermédiaires dans les transformations de l'amylose ont pu être observés.

Conclusions. — 1° L'*amylopectine* et l'*amylose*, tout en appartenant au groupe amidon, présentent des différences nettes dans leur mode de transformation par les *diastases* et par H^2O^2.

Tout se passe comme si l'attaque des micelles de l'amylopectine était simultanée, alors que celle des micelles de l'amylose est successive.

2° L'amylose, ainsi que l'amylopectine, passe par le stade dextrine.

3° Il est possible que dans la nature ces réactions puissent se produire avec d'autres peroxydes, ce qui leur donnerait une grande importance biologique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la lumière sur le lait bichromaté.* Note de M. A. **Gascard**, présentée par M. Jungfleisch.

L'arrêté ministériel du 1er août 1906, concernant le prélèvement des échantillons de lait destinés aux expertises judiciaires, prescrit d'ajouter

([1]) Maquenne et Roux, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. IX, 1906, p. 179-220.

une pastille de bichromate de potasse de $0^g,25$ dans chaque échantillon de lait d'un quart de litre.

Ces échantillons ne sont remis aux experts que plusieurs semaines, souvent 1 mois après le prélèvement. Ils ont alors un aspect assez variable; tantôt le liquide a pris une teinte grise ou verdâtre, et le beurre rassemblé à la surface est difficilement émulsionnable; d'autres fois, au contraire, ils ont conservé la couleur jaune que leur donne le bichromate.

Les inconvénients du bichromate ont été signalés par plusieurs auteurs [M. Grélot (1), M. Monvoisin (2)], mais personne, à notre connaissance, n'a indiqué le rôle de la lumière dans les transformations que subit le lait bichromaté. D'après nos expériences, ce rôle est prépondérant.

Plusieurs flacons d'un même lait additionné de bichromate en plus forte proportion (5^g au litre) ont été conservés pendant 40 jours dans la même pièce, dont la température a varié de 12° à 20°; les uns étaient exposés à la lumière, les autres maintenus dans l'obscurité.

Pour les échantillons tenus à l'obscurité, la couleur jaune d'or n'a pas changé; le beurre, monté à la partie supérieure, s'émulsionne facilement à froid par simple agitation; l'acidité est restée la même; la lactose et la caséine n'ont pas varié.

Les échantillons exposés à la lumière ont pris une teinte verte; le beurre s'émulsionne mal et incomplètement, même si l'on chauffe; l'acidité a baissé des $\frac{5}{6}$ de sa valeur primitive; la lactose a diminué légèrement; enfin la caséine, lorsqu'on la précipite pour le dosage, retient une quantité notable (4 pour 100) d'oxyde de chrome qui lui donne une coloration verte.

Les échantillons de lait, prélevés par le service de la répression des fraudes, ne reçoivent généralement que 1^g de bichromate par litre. Le lait ainsi bichromaté au $\frac{1}{1000}$ offre les mêmes phénomènes avec un peu moins de simplicité; au bout de quelque temps, la fermentation intervient, mais l'influence de la lumière n'est pas moins grande, comme le montre l'expérience suivante :

Deux échantillons d'un même lait bichromaté au $\frac{1}{1000}$, conservés l'un à la lumière, l'autre à l'obscurité, se présentent, au bout de 2 mois, sous des aspects très différents.

Dans le premier, un coagulum blanc verdâtre nage au milieu d'un liquide gris rosé; le beurre se sépare en petits blocs compacts; l'acidité est grande ($8^g,6$ en acide lactique au litre).

Le second est jaune d'or; il n'est pas coagulé; son acidité a cependant légèrement augmenté (de $1^g,5$ en acide lactique au litre); sa matière grasse s'émulsionne facilement à froid; bref il est utilisable pour l'analyse, tandis que le premier ne l'est plus.

---

(1) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. XXV, 1907, p. 369.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1403.

Il y a donc un réel intérêt à mettre à l'abri de la lumière les échantillons de lait bichromaté qu'on conserve pour les expertises judiciaires. Il peut arriver, en effet, que le quatrième échantillon soit analysé plus de six semaines après son prélèvement. On pourrait citer des cas où les échantillons sont inutilisables après un délai beaucoup moins long.

Nous publierons ailleurs le détail des expériences faites avec la collaboration de M. Marcel Lemire.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Stérilisation du lait par les rayons ultra-violets.* Note de MM. **Victor Henri** et **G. Stodel**, présentée par M. A. Dastre.

Au cours de la dernière séance de l'Académie des Sciences, MM. J. Courmont et Nogier ont montré que l'on pouvait facilement stériliser de l'eau limpide au moyen des rayons ultra-violets émis par une lampe à mercure en quartz (modèle de Kromayer). Après la Communication faite par M. Guignard au nom de ces auteurs, M. Dastre a annoncé que, depuis quelque temps, toute une série d'études sur les actions, qu'il a appelées *abiotiques*, des rayons ultra-violets étaient entreprises dans son laboratoire.

Il y a en effet presque 1 an que, au laboratoire de Physiologie de la Sorbonne, l'un de nous (V. H.) a commencé l'étude de différentes actions chimiques et biologiques des rayons ultra-violets (actions sur les colloïdes, sur le caoutchouc, sur les ferments et sur les toxines). De plus, Mlle Cernovodeanu et M. Nègre ont, dans une récente Communication à la Société de Biologie, montré que l'on obtenait très rapidement la guérison du cancer des souris à l'aide de ces radiations (1).

Les actions bactéricides des rayons ultra-violets ont été mises en évidence par un grand nombre d'auteurs (travaux du laboratoire de Finsen, à Copenhague, du laboratoire de Pharmacologie de Tappeiner, à Munich, thèse de Keller, à Zurich, etc.). Nous avons cherché à appliquer ces actions à la stérilisation du lait.

Dans nos expériences, nous nous sommes servis de deux lampes à mercure en quartz.

L'une, le grand modèle de Heraeus, de 7^{cm} de longueur, donne sur 110 volts et 4 ampères une intensité lumineuse d'environ 1500 bougies.

L'autre est la lampe en quartz, modèle de Küch, de la Compagnie Quarzlampen Gesellschaft, à Pankow, qui donne sur 110 volts une intensité plus grande, de 2000 bougies environ. Un autre avantage de ce dernier modèle est dans son allumage automatique.

(1) Mlle Cernovodeanu et Nègre, *C. R. Soc. de Biologie,* 6 février 1909.

Les expériences ont été faites, d'une part, sur du lait largement infecté avec du bouillon de culture; bouillons de coli, de bacilles lactiques, de phléole; l'addition des bouillons ayant été faite et à du lait préalablement stérilisé à 115° et à du lait ordinaire. D'autre part, nous avons étudié la stérilisation du lait naturel acheté dans le commerce.

Un grand nombre d'expériences faites sur différents échantillons nous ont montré de façon absolument certaine que l'on obtient une stérilisation complète du lait par l'action directe des rayons ultra-violets sans avoir une élévation notable de la température.

Ce procédé permet donc d'éviter les effets redoutés de la stérilisation par la chaleur.

ZOOLOGIE. — *Relations entre le mode de développement des* Tetracorallia *et celui des* Hexacorallia. Note de M. **L. Faurot**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'organisation des *Tetracorallia* a été considérée par Kunth comme très différente de celle des autres Polypiers dénommés *Hexacorallia*. Des travaux récents ont montré que cette opinion n'est pas définitivement établie. L'examen, au moyen de coupes, du mode de multiplication des *septa* chez une espèce appartenant au premier groupe m'a montré les faits suivants qui se rapportent à la controverse.

Dans le *Cyathaxonia cornu* du Carbonifère de Tournay, la plupart des *septa* secondaires et tertiaires contenus dans les quadrants de Kunth ont pour origine quatre des six *septa* primaires. Ces quatre *septa* sont placés symétriquement : deux de chaque côté du Polypier. La formation des *septa* qui en dérivent se fait successivement dans un certain ordre et débute, pour chacun des quadrants, par la fission et la bifurcation des quatre *septa* primaires dont il vient d'être parlé. Il se forme de cette manière dans chacun des quatre quadrants : deux *septa* secondaires qui en produisent ensuite chacun des tertiaires et des quaternaires.

De ce qui précède et de l'ensemble des observations que Duerden (1902), Brown (1907), Carruthers (1908) ont publiées sur d'autres *Tetracorallia*, je peux conclure que le mode de formation centrifuge des *septa*, par bifurcations successives, est général chez ces Polypiers palæozoïques.

Cette multiplication centrifuge par fission et bifurcation paraît différer complètement de ce qui est connu chez les *Hexacorallia*. Cependant, en me basant sur les résultats de mes études au sujet du développement de l'*Ilyanthus* et du *Tealia* (*Arch. Zool. exp.*, 1895) et de celui d'autres Hexactinies, j'arrive à une nouvelle interprétation des faits observés sur ces dernières et sur leurs alliés : les *Hexacorallia*. Ces deux groupes présentent, *au moins*

dans la période qui suit la formation des douze premières cloisons, des ressemblances dans leur développement avec les *Tetracorallia*. J'ai montré, en effet (*Arch. Zool. exp.*, 1903, p. 391), que les cloisons molles des Hexactinies ne prennent pas naissance par plissement ou refoulement de la paroi ou d'une partie des couches qui forment celle-ci, mais par fission. En outre, j'ai signalé que les cloisons nées de cette manière n'apparaissent pas dans le milieu des interloges (*Arch. Zool. exp.*, 1895, p. 169), mais, conformément aux règles de Milne-Edwards et J. Haime sur la formation des différents ordres de cloisons calcaires, dans le voisinage et j'ajoute *au contact* de la cloison la plus âgée qui limite l'interloge.

Les cloisons secondaires, tertiaires, etc., qu'elles soient molles ou calcaires, auraient donc à leur origine mêmes rapports de situation à l'égard des cloisons primaires. Ce sont, d'après mes observations, les douze cloisons molles de premier ordre qui, chez les Hexactinies, ont, par fission et bifurcation successives, donné naissance à toutes les autres cloisons. Il en est vraisemblablement de même pour les *Hexacorallia* à symétrie régulière. Chez les *Tetracorallia,* ce sont, plus particulièrement, quatre *septa* primaires au lieu de six qui ont contribué à cette formation; et, tandis que chez ces Polypiers la connexion des *septa* secondaires, tertiaires, etc., aux *septa* principaux persistait chez l'adulte, chez les *Hexacorallia* elle n'a pas de durée; elle disparaît par suite, sans doute, d'un accroissement et d'une régularisation plus hâtive.

Cependant, chez plusieurs genres de Polypiers des époques secondaire, tertiaire et aussi de l'époque actuelle, cette connexion persiste jusqu'à l'état adulte pour un, deux ou plusieurs ordres de *septa*. Exemples : Turbinolies, Dendrophyllies, Balanophyllies. Le mode de déplacement des palis, chez les *Hexacorallia* qui en sont pourvus, est également une preuve que leurs cloisons calcaires se bifurquent comme chez les *Tetracorallia*.

GÉOLOGIE. — *Le volcan d'Églazines* (*Aveyron*). Note de M. G. **Fabre**, présentée par M. Michel Lévy.

Parmi les innombrables bouches volcaniques de la France, très peu permettent de faire des observations utiles sur la structure interne de l'appareil éruptif. Aussi faut-il considérer comme une véritable bonne fortune stratigraphique que le volcan d'Églazines (Aveyron) ait fait explosion à l'époque quaternaire dans l'axe même du cañon du Tarn, de telle façon que les dénu-

dations subséquentes de la rivière aient mis à nu sa structure interne, de façon à en faire un sujet d'études qui mérite de devenir classique.

Églazines se trouve à 2^{km} Nord du Rozier-Peyreleau (Aveyron), point où passe une des plus grandes failles tectoniques du pays des *Causses*. C'est donc dans cette région un point de moindre résistance par où le magma basaltique interne a pu s'insinuer dans la croûte terrestre et se faire jour. La coupe ci-dessous montre la profonde coupure du cañon du Tarn, entaillée dans 500^m de Bathonien; elle montre comment, au fond de la vallée, se trouvent des pépérites entrecoupées de masses filoniennes de basalte, et elle fait voir que les pentes sont revêtues d'un simple placage de scories et de produits de projection.

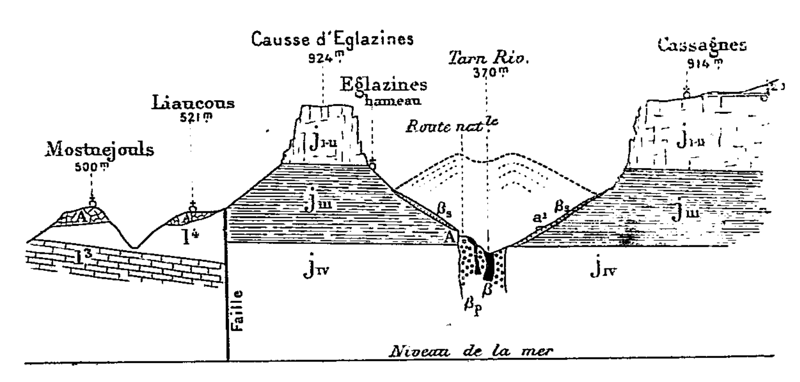


Fig. 1. — Coupe en travers du cañon du Tarn. Échelle des longueurs $\frac{3}{80000}$. Hauteurs doubles.

J^{2-1}, Oxfordien-Callovien; J_{I-II}, Bathonien supérieur, dolomie; J_{III}, Bathonien inférieur, calcaire; J_{IV}, Bajocien supérieur, dolomie; l^1, Marnes noires toarciennes; l^3, Charmonthien; A, Éboulis; β, Basalte; β_p, Pépérite; β_s, Scories de projection; a^1, Cailloux roulés.

Une exploration détaillée nous permet de préciser les faits suivants :

1° L'explosion a coupé *verticalement* la dolomie J_{IV} et les calcaires J_{III}, ayant tranché comme à l'emporte-pièce les diverses strates sans les déranger. La paroi même de la cheminée volcanique se voit en plusieurs points.

2° Les roches encaissantes J_{IV}, J_{III} n'ont pas été modifiées dans leur nature par les gaz ou la chaleur de l'éruption, ce qui semble impliquer que celle-ci a été une explosion violente de courte durée.

3° La roche volcanique en contact immédiat avec la bordure calcaire paraît être partout une *pépérite de friction* (β_p) contenant des morceaux anguleux de dolomie noyés dans une masse grise composée de poussières et de scories consolidées.

4° Cette pépérite occupe toute la masse de la cheminée, laquelle semble

avoir environ 200^m de diamètre. La pépérite contient des cristaux corrodés d'orthose et des enclaves granitiques arrachées aux profondeurs du sous-sol.

5° Elle est pénétrée en plusieurs points par des filons de basalte (β). Les masses les plus basses, au niveau de la rivière, sont en partie columnaires; les masses les plus hautes ne s'élèvent pas à plus de 100^m au-dessus du fond de la vallée. La roche contient des boules de verre noir tachylitique et de gros morceaux de péridot.

6° Les pentes de la vallée sont des deux côtés garnies par des dépôts meubles de cendres et de lapilli (β_s) avec des bombes de péridot. Ces placages volcaniques, épais de 10^m à 20^m au plus, s'élèvent à plus de 250^m au-dessus du fond de la vallée et sont inclinés comme les pentes de la vallée qu'ils revêtent.

7° A 70^m au-dessus du niveau de la rivière, sur la rive droite, on trouve des placages de cailloux roulés (a^1) de toute nature, au milieu desquels sont emballés des blocs volcaniques de toutes dimensions très peu roulés et parfois même anguleux.

De ces constatations il semble logique de déduire l'historique suivant :

Le cañon était déjà creusé à la profondeur et avec le profil actuels, quand une violente explosion volcanique de gaz, découpant dans les strates profondes du terrain jurassique une sorte de cheminée verticale ou *diatrème* (Daubrée), amena au jour les produits divers de projection d'un magma basaltique. Ces produits échafaudèrent un cône qui boucha la vallée jusqu'à mi-hauteur (voir le tracé en pointillé sur la figure), retenant ainsi les eaux du Tarn de façon à former une sorte de lac en amont. Ces eaux ne tardèrent pas à déborder de part et d'autre du cône volcanique devenu vite inactif; elles l'entamèrent alors par une rapide dénudation, sorte de débâcle qui a laissé des traînées de débris anguleux roulés pêle-mêle avec des cailloux à 70^m de hauteur.

GÉOLOGIE. — *Sur les modifications de la côte du Poitou; comparaison avec d'autres points du littoral de l'océan Atlantique.* Note de M. **Welsch**, présentée par M. Michel Lévy.

Le littoral de la Vendée, de l'anse de l'Aiguillon à la Tranche, montre un bourrelet de dunes reposant sur l'argile marine gris bleu du Marais poi-

tevin, dite *bri* dans le pays. Cette argile calcaire ne renferme que des coquilles marines actuelles, même dans l'intérieur du Marais; au point de vue géologique, c'est une formation récente qui continue encore à se déposer dans l'anse de l'Aiguillon; il en est de même des dunes littorales; ce sont des formations contemporaines.

Les dunes forment un bourrelet le long de la côte; leur épaisseur est variable de quelques mètres à 1km et plus quelquefois; à l'intérieur du bourrelet, on voit le *bri* du Marais et on le retrouve souvent à l'extérieur, à mer basse, sous le sable de l'estran; ces dunes reposent donc sur le *bri*. Cela est visible, notamment au lieu dit *la Belle-Henriette,* entre la Faute, qui est en face l'Aiguillon, et la Tranche; la mer y a rongé la dune depuis quelques années.

L'Aiguillon se trouve sur la rive gauche du Lay, à quelques kilomètres de son embouchure; le bourg est sur la dune de la rive gauche, dune qui se continue au Sud-Est par une langue de sable, dite la *Pointe de l'Aiguillon*.

Sur la rive droite du Lay, on voit une flèche de sable, de même aspect, qui sépare la rivière de l'Océan sur plusieurs kilomètres; elle porte de petites dunes de sable et va également au Sud-Sud-Est, de la Faute à la pointe de la Roche, dite aussi *pointe d'Arçay;* cette langue de sable se continue au Nord-Ouest par les dunes de la Belle-Henriette, vers la Tranche, où les dunes peuvent reposer directement sur les roches jurassiques qui affleurent à mer basse.

En consultant les premiers tirages de la Carte topographique au 80000e on constate que la pointe d'Arçay était beaucoup moins avancée, il y a 50 ans. En se reférant à la Carte de Cassini, on voit que la pointe d'Arçay et la pointe de l'Aiguillon étaient beaucoup moins allongées en 1775; que, depuis cette époque, la langue sableuse de la rive droite du Lay notamment a augmenté de plusieurs kilomètres.

Ceci montre déjà que le sable siliceux de la plage du bas des dunes est entraîné au Sud-Sud-Est. Il est, du reste, manifeste que les pointes d'Arçay et de l'Aiguillon progressent; la dune qui porte le bourg de l'Aiguillon s'est formée avant que l'embouchure du Lay se soit portée au sud de cette ville, formant sur sa rive droite une langue protectrice de sable.

Voici l'explication qui peut en être donnée. Comme pour tout le littoral de la Gascogne, les vents dominants portent du large à la côte; en ce point particulier, ils viennent de l'Ouest et du Nord, comme le montre la courbe

de la fréquence des vents au port de l'Aiguillon; le sable sec de l'estran est donc entraîné vers le Sud-Est. J'ajoute que, parmi les courants de la mer, en dehors du courant sub-littoral, sous-marin, allant au Nord, étudié par M. Bouquet de la Grye, il y a le *courant superficiel* absolument *littoral* dû aux vents que je viens d'indiquer et orienté comme eux; ce dernier courant de surface a certainement eu une très grande influence pour aligner les sables en longue flèches du Nord-Ouest au Sud-Est.

Des exemples analogues peuvent être retrouvés en d'autres points du littoral atlantique de l'ancien continent.

Dans les environs d'Arcachon, l'allongement persistant du cap Ferret par l'atterrissement de nouveaux sables entraîne le déplacement de la passe d'Arcachon vers le Sud.

Si l'on considère la petite rivière des Landes, dite *le courant d'Huchet,* on voit son embouchure se porter au Sud, tandis que la rive droite forme une languette de sable qui sépare la rivière de l'Océan; cette languette de sable est due à l'influence des vents du Nord-Ouest et du courant marin de surface qui, rasant constamment le rivage, chausse de sable la rive droite. Tous les autres cours d'eau de Gascogne allongeaient leur embouchure au Sud avant d'avoir été rectifiés; la rive droite formant une languette de sable qui, à un certain moment, était recoupée par le cours d'eau refaisant son embouchure plus au Nord (Études du capitaine Saint-Jours, etc.).

Tout le long de la côte de Gascogne, sur les diverses feuilles de la Carte au 80000e, on voit des languettes de sable qui frangent la côte; ce sont les sables découverts à mer basse, en bancs orientés tous vers le Sud.

Il en est de même sur les côtes du Maroc, où les études récentes de M. Pobeguin montrent que la prédominance du vent du Nord, de la saison sèche, pousse les sables au Sud et provoque la marche générale des embouchures vers le Sud ; je citerai en particulier l'oued Sebou.

On peut encore constater le phénomène précédent plus au Sud, le long du Sahara, et aussi à l'embouchure du fleuve Sénégal, avec la plage de sable dite *Langue de Barbarie,* sur la rive droite.

Le phénomène, considéré ici, à la fois géologique et géographique, possède donc une grande généralité sur le littoral Est de l'océan Atlantique; il est en relation avec les lois générales des mouvements de l'atmosphère.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les variations de la répartition de la pression atmosphérique à la surface du globe.* Note de M. **Henryk Arctowski.**

Dans un Mémoire présenté en janvier 1897 à l'Académie de Stockholm, Hildebrand Hildebrandsson a étudié la répartition géographique des écarts des moyennes mensuelles de la pression atmosphérique, des moyennes des mois correspondants de la décade d'années 1875 à 1884, pour 68 stations réparties autant que faire se pouvait sur toute la surface du globe.

Hildebrandsson a constaté de la sorte que les écarts mensuels de même signe couvrent presque toujours des régions immenses.

Il semble qu'aucun effort n'ait été tenté jusqu'ici pour savoir s'il en est de même des écarts annuels, et de ceux des moyennes des lustres d'années, par rapport aux moyennes de longues séries d'observations.

Lorsqu'on représente graphiquement les valeurs des moyennes annuelles successives, on constate aisément l'existence de variations, de plus ou moins de durée, en quelque sorte greffées sur des variations séculaires.

La comparaison des diagrammes de localités différentes démontre qu'à des maxima de certaines régions correspondent des minima s'observant simultanément ailleurs. A titre d'exemple, il suffit de comparer les pressions moyennes des lustres des années 1846 à 1900 de Cracovie à celles de Stykkisholm (Islande).

D'autre part, le tracé du diagramme des différences des moyennes annuelles de Lisbonne et de Madrid permet de constater une variation de longue durée, fort bien accusée. Les gradients de la péninsule ibérique s'accentuent donc ou diminuent, périodiquement peut-être. Des faits de ce genre semblent justifier l'hypothèse de l'existence d'une sorte de respiration des masses continentales, dont les maxima d'aspiration des centres d'action anticycloniques s'observeraient à des intervalles de quelques dizaines d'années.

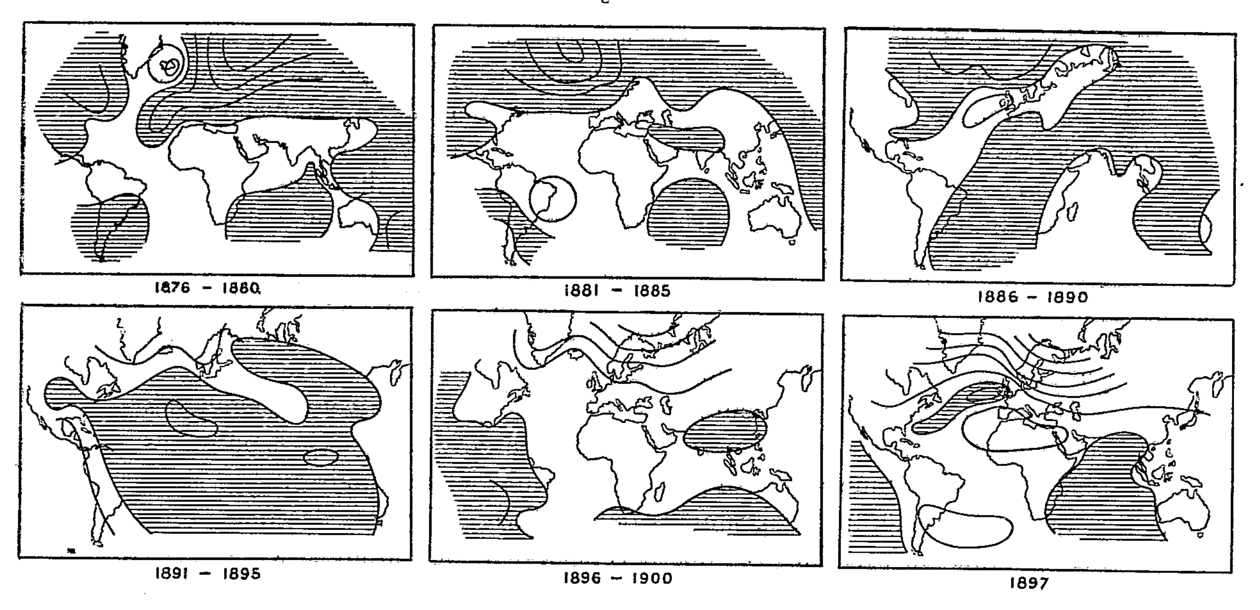
Les croquis de Cartes ci-après démontrent que cette simplification des faits d'observation n'intéresse vraisemblablement que des régions restreintes du globe.

Utilisant les Tables que Sir Norman Lockyer a publiées récemment, j'ai formé les moyennes des hauteurs barométriques pour la période d'années

1876 à 1900, pour les 47 localités dont les données étaient utilisables, et ensuite les écarts, pour ces valeurs, des moyennes des lustres et de celles des années.

Les cinq premières figures indiquent la répartition des écarts des lustres;

Fig. 1 à 6.



la sixième, ceux de l'année 1897 qui maintes fois déjà a été reconnue comme ayant été exceptionnelle. La figure 7 ci-dessous, pour le tracé de

Fig. 7.



laquelle il m'a été possible d'utiliser les observations d'un plus grand nombre de stations, représente la distribution géographique des valeurs des différences des moyennes des lustres (1896 à 1900) et (1891 à 1895).

Les parties hachurées donnent les écarts négatifs.

Les courbes, dont le tracé n'est qu'approximatif, indiquent les écarts de $0^{mm},5$ en $0^{mm},5$ de pression.

Dans un travail récent, Otto Petterson a développé l'hypothèse que dans les phénomènes d'ordre climatologique et océanographique les centres d'action principaux se trouvent aux deux pôles.

De mes essais de Cartes il ressort clairement que les variations arctiques doivent avoir une influence incomparablement plus grande que celles des régions désertiques ou océaniques et continentales.

Mais il est visible aussi que, dans ces transports d'énormes masses d'air, il existe certaines permanences, de plus ou moins longue durée, fait que les Cartes mensuelles de Hildebrandsson ne permettaient pas de prévoir.

Les variations climatologiques sont donc accompagnées de distributions anormales de la pression atmosphérique, suffisamment importantes pour influencer les régimes des vents et, par suite aussi, les courants marins ainsi que les débâcles des glaces polaires.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Lois de distribution de la température avec la hauteur aux diverses latitudes, et suivant les régimes météorologiques différents.* Note de M. L. **Teisserenc de Bort**, présentée par M. J. Violle.

Nous avons montré dans une série de travaux antérieurs que la température cesse de décroître dans l'atmosphère à partir d'une hauteur variable avec les circonstances météorologiques, mais oscillant autour de l'altitude de 11^{km}, et qu'à partir de là il n'y a plus de décroissance systématique générale, mais des inflexions peu étendues, le régime de la température en fonction de la hauteur tendant dans son ensemble à se rapprocher de l'isothermie.

L'isothermie est précédée d'une couche avec inversion de température qui avait été attribuée d'abord à une erreur instrumentale sur les courbes des premiers ballons lancés par MM. Hermite et Besançon, mais qui est bien réelle, comme M. le Professeur R. Assmann l'a montré depuis.

Les ballons de Trappes nous fournissent à ce sujet des renseignements particulièrement précieux, parce que ce sont presque les seuls qui aient été lancés de nuit, de façon à éviter l'effet des rayons du soleil qui, dans les hautes régions, fausse les indications du thermomètre.

L'étude de cette couche, dite la *couche chaude*, nous a conduit à reconnaître que son épaisseur est comprise entre 3^{km} et 6^{km}; l'excès de tempé-

rature qu'on y observe est ordinairement voisin de 6°, descendant rarement au-dessous de 2° et ne dépassant guère 10°.

Bien que ce phénomène frappe beaucoup les observateurs par le fait même qu'il se présente comme un rebroussement dans la direction de la courbe de la température, il n'est cependant que secondaire comme importance par rapport à la tendance générale de l'isothermie, que nous avons démontrée, et qui reste le phénomène général (les courbes de la figure 1 permettent d'en juger).

Les ascensions de ballons que nous possédons aujourd'hui et dont quelques-unes paraissent avoir dépassé 27^{km} montrent en effet que, dans les cas les plus ordinaires, la température alors qu'on est sorti de la couche chaude, se maintient à peu près la même qu'à l'entrée de cette couche, c'est-à-dire qu'elle se rapproche beaucoup de l'isothermie.

Si nous prenons par exemple les observations du ballon II du 19 décembre 1906 (*fig.* 1), nous pouvons constater que la température à 11^{km} et 28^{km} est sensiblement la même alors qu'elle devrait être de 112° plus basse, c'est-à-dire voisine de $-171°$ au lieu de $-60°$ qu'on a observé.

De pareils écarts montrent toute l'importance du changement de régime qui se produit dans l'atmosphère à partir d'une certaine hauteur.

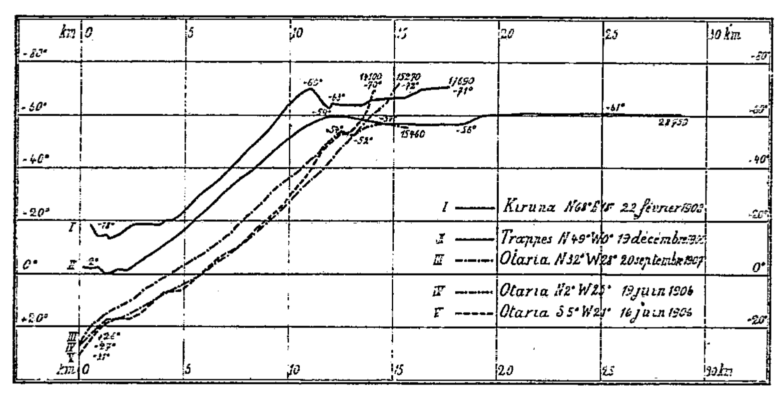


Fig. 1. — Variations suivant la latitude.

La nouvelle série (1908) de lancers de ballons faite par mes collaborateurs à Kiruna, en Laponie, en concordance avec nos lancers de Trappes, confirme les résultats indiqués dans ma Note aux *Comptes rendus* du 8 juillet 1907, et conduit à des conclusions identiques à celles qu'on déduit des ascensions à nos latitudes (voir la courbe I du 28 février 1908).

Sur l'Atlantique, la couche isotherme a été observée en 1905 au voisinage des Açores par le professeur Hergesell au cours d'une campagne de S. A. S. le Prince de Monaco. Les croisières de l'*Otaria* sur l'Atlantique pendant deux étés ont permis pour la première fois d'étudier la zone intertropicale : aux Açores la couche isotherme est rencontrée vers 13^{km} et à 15^{km} vers le Tropique. Près de l'Équateur elle doit être à une altitude plus grande encore car aucun des ballons n'a pu l'atteindre, bien que plusieurs d'entre eux se soient élevés à 15^{km} (voir *fig.* 1).

Cet ensemble de documents prouve que la hauteur à laquelle la température cesse de décroître va en augmentant de quelques milliers de mètres lorsqu'on se rapproche de l'Équateur. Ce fait n'a d'ailleurs rien qui doive nous surprendre, parce que la répartition des pressions nous a fait déjà connaître que l'épaisseur atmosphérique est plus grande dans les régions intertropicales.

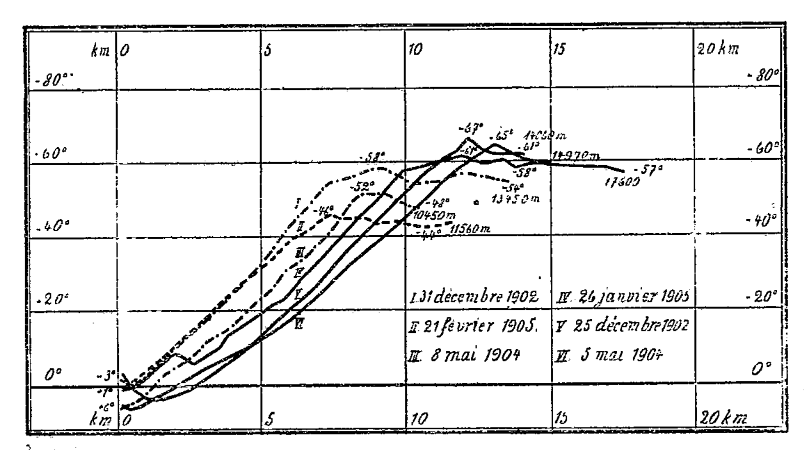


Fig. 2. — Variations avec la situation météorologique. (Les courbes hachées se rapportent aux basses pressions, les traits pleins aux jours de hautes pressions.)

On voit, par ces déterminations faites à diverses latitudes et à des époques différentes, que l'*arrêt de la décroissance de la température à une certaine hauteur faisant place à un régime où la température présente de petites inflexions dans des sens différents, mais oscille autour de l'isothermie, est un phénomène absolument général ;* c'est une des caractéristiques les plus marquées de la physique de l'atmosphère, et je puis ajouter une des plus inattendues dont la démonstration ait été faite dans ces dernières années.

Si nous analysons le phénomène dans ses variations quotidiennes, nous

reconnaîtrons, comme je l'ai indiqué d'ailleurs il y a quelques années à l'Académie des Sciences, qu'il existe entre l'altitude où la température cesse de décroître et les situations météorologiques, certaines relations précises.

Lors de ma première Communication sur ce sujet, la discussion portait seulement sur la région de Paris, mais les mêmes caractères se sont montrés dans les autres sondages; et nous ne connaissons pas de région dans laquelle les ballons-sondes aient donné des résultats discordants. La discussion s'étend maintenant sur plus de douze cents ascensions réparties sur dix années; on peut donc considérer que les relations suivantes sont de véritables lois de la répartition de la température dans la verticale en relation avec la situation météorologique (*fig.* 2) :

La zone de l'atmosphère où cesse la décroissance de la température pour faire place à la zone isotherme (couche chaude et isothermie approchée) est située en moyenne à une plus grande hauteur dans les maxima barométriques que dans les aires de basses pressions.

L'altitude la plus grande est atteinte à l'avant des grandes dépressions barométriques, dans la zone qui confine à l'aire de haute pression. Au contraire, elle est de 3000^{m} *à* 4000^{m} *plus basse vers l'arrière, et le plus bas possible dans la disposition particulière d'isobares désignée sous le nom de* couloirs de basses pressions.

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 1er mars 1909.

Le Jurassique inférieur et moyen de la bordure Nord-Est du bassin de Paris, par M. Henri Joly. Nancy, Albert Barbier, 1908; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Michel Lévy. Hommage de l'auteur.)

Flore des Basses-Pyrénées, par Jean Bergeret (1751-1813), augmentée par Eugène Bergeret (1799-1868); nouvelle édition complète, publiée avec une Préface et des Notes par Gaston Bergeret. Pau, Garet, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. Gaston Bergeret.)

Industries des acides minéraux: acides sulfurique, chlorhydrique et azotique, par E. Baud, avec 82 figures dans le texte. Paris, Octave Doin, 1909; 1 vol. in-12.

Société d'Histoire naturelle d'Autun; XXIe Bulletin. Autun, Dejussieu père et fils; Paris, P. Masson, 1908; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Michel Lévy.)

Bulletin de la Société entomologique de France; 1909, nos 1 et 2. Paris; 2 fascicules in-8°.

Bulletin des séances de la Société nationale d'Agriculture de France; année 1909, n° 1. Paris; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société des Amis des Sciences naturelles de Rouen; 5e série, 43e année, 1er et 2e semestres 1907. Rouen, 1908; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 15 février 1909.)

Note de M. *E. de Stœcklin,* Sur l'oxydation des alcools par l'action simultanée du tannate de fer et de l'eau oxygénée :

Page 424, ligne 13 en remontant, *au lieu de* sont également attaqués, *lisez* sont également inattaqués.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MARS 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rôle des fosses septiques dans l'épuration biologique de l'eau d'égout.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

Dans les systèmes de l'épuration biologique, les eaux d'égout, avant d'être amenées sur des lits oxydants, où elles sont soumises au travail des ferments aérobies, passent généralement dans des bassins profonds, appelés *fosses septiques,* et y forment un milieu réducteur, caractérisé par le dégagement d'émanations putrides.

Les observateurs ne sont pas d'accord sur le rôle et même sur l'utilité de ces fosses septiques. Il est admis que les eaux résiduaires, qui sont chargées de matières minérales et organiques en suspension, doivent subir une décantation préalable avant leur traitement sur les lits bactériens oxydants. Ceux-ci, en effet, ne tarderaient pas à se colmater, à perdre leur perméabilité et, par suite, leur pouvoir épurant, si l'on permettait aux boues volumineuses, que les eaux résiduaires charrient, de venir s'y accumuler. Les fosses septiques sont donc, en même temps, des bassins de décantation et, à ce dernier titre, leur utilité est incontestée. Mais leur action, en tant que provoquant des modifications chimiques profondes, est-elle bien démontrée?

On a admis qu'elles sont le siège de fermentations anaérobies très actives, qui aboutissent à la solubilisation des matières organiques en suspension et à une gazéification partielle de celles qui sont déjà dissoutes. Ces fermentations modifieraient, en même temps, la nature des matières azotées en solution, de manière à faciliter le travail ultérieur des lits oxydants.

De ce chef les fosses septiques joueraient donc un rôle important, en faisant disparaître les boues organiques, dont l'évacuation est un gros problème dans l'épuration bactérienne. Elles interviendraient pour une part notable dans la minéralisation des substances dissoutes.

Ces notions ont été admises par la plupart des savants et des ingénieurs qui se sont occupés de l'épuration bactérienne, notamment en Angleterre, et l'on peut dire que toutes les applications actuelles de ce système comportent des fosses septiques, dont on considère le travail anaérobique comme indispensable. Mais des opinions différentes se sont produites, qui ne regardent les fosses septiques que comme des bassins de sédimentation, où les phénomènes de dissolution et de gazéification sont négligeables.

Les recherches que nous avons entreprises sur l'épuration des eaux d'égout ont eu surtout pour but l'établissement d'un lit oxydant d'une très grande activité, qui a été réalisé par l'emploi de la tourbe, précédé du passage des liquides dans des fosses septiques.

Mais, à un moment donné de nos études, nous avons été amenés à nous demander dans quelle mesure ces fosses septiques étaient utiles pour la bonne marche de l'oxydation ultérieure et quelle était l'importance des phénomènes de dissolution et de gazéification.

Lorsque nous employions les fosses septiques, l'eau d'égout était déversée dans une bâche d'où elle s'écoulait, d'une façon continue, dans des récipients où elle se trouvait isolée de l'atmosphère pendant 18 heures; de là elle se déversait sur la colonne épuratrice de tourbe. L'installation comportait un dispositif permettant de recueillir les gaz qui se dégageaient de l'eau, pendant son passage dans ces réservoirs à fermentation anaérobie. La bâche, qui était toujours sensiblement pleine, et dans laquelle on laissait s'accumuler les dépôts, constituait une fosse septique ouverte, de tous points comparable à celles qui servent dans les installations où l'épuration est pratiquée. Les récipients qui venaient ensuite prolongeaient encore son action et étaient destinés à rendre plus frappantes les modifications qui pouvaient se produire dans les matières en suspension et en solution, au cours de la fermentation anaérobie.

Afin d'éliminer les incertitudes résultant de la variabilité de composition des eaux d'égout d'un jour à l'autre, nous avons fait porter nos observations sur des périodes de temps prolongées, en effectuant les analyses chaque jour, afin d'obtenir des moyennes. Les chiffres du Tableau ci-dessous se rapportent à une expérience poursuivie du 5 au 19 novembre, soit pendant 13 jours. Ces analyses ont été faites, comme il est d'usage, sur l'eau filtrée

et indiquent, par conséquent, les modifications subies par les matières en dissolution.

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre :

	Eau d'égout brute.	Après passage dans la première fosse septique.	dans la fosse septique prolongée.	sur le lit de tourbe.
	mg	mg	mg	mg
Oxydabilité par le permanganate, en milieu acide	112,0	91,2	100,8	13,2
Azote organique	18,3	6,6	6,0	3,0
Azote ammoniacal	25,2	38,5	42,8	0,0
Azote nitrique	0	0	0	25,2

Les chiffres donnant l'oxydabilité et qui indiquent approximativement, ou plutôt comparativement, la proportion des matières organiques dissoutes, montrent qu'il y a eu, dans l'eau d'égout sur laquelle on a opéré, une diminution de ces dernières au sein des fosses septiques. Il n'y a donc pas eu de dissolution manifeste de la matière carbonée globale. Mais les proportions de l'azote organique dissous et de l'azote ammoniacal subissent des variations considérables, puisque les $\frac{2}{3}$ du premier se sont transformés en ammoniaque.

Si nous considérons la somme de l'azote dissous, nous trouvons :

	mg
Dans l'eau brute	43,5
Après la première fosse septique	45,1
Après la fosse septique prolongée	48,8

Il y a donc eu, pendant la fermentation anaérobie, une dissolution, à l'état ammoniacal, d'une petite partie de l'azote des matières en suspension. Cette action s'accentue si l'on prolonge le séjour dans les fosses septiques.

Dans une autre série d'expériences, qui a duré 11 jours, les analyses ont porté à la fois sur l'eau telle quelle, avec ses matières en suspension, et sur l'eau filtrée. On peut suivre ainsi les progrès de décantation dans les fosses septiques :

	Eau brute.		Après la première fosse septique.		Après la fosse septique prolongée.	
	En solution.	En suspension.	En solution.	En suspension.	En solution.	En suspension.
	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Oxydabilité acide.	108,7	95,7	87,9	25,1	99,2	10,4
Azote organique...	16,1	32,0	6,0	8,8	5,8	5,2
Azote ammoniacal.	23,9		35,4		40,2	

Les matières carbonées et azotées en suspension dans l'eau brute, en proportion importante, ne se sont pas retrouvées en solution après le passage dans les fosses septiques.

Il se dégage des gaz pendant cette fermentation anaérobie. Quelle a été l'importance de cette destruction des matériaux organiques? Nous avons constaté dans nos essais qu'elle a été faible, puisque la quantité de gaz dégagée n'a pas dépassé en moyenne $0^{cm^3},55$ pour chaque litre d'eau passé par les fosses septiques. Ce gaz, contenant une petite quantité d'acide carbonique, était formé par un mélange à parties sensiblement égales de formène et d'azote. Il contenait donc en poids pour chaque litre d'eau d'égout ayant subi le traitement anaérobique :

Carbone	$0^{mg},15$
Azote	$0^{mg},35$

Dans nos expériences, le travail de dissolution et de gazéification dans les fosses septiques a donc été très réduit. Le séjour dans ces fosses s'est borné à opérer une décantation des matières en suspension et une transformation des $\frac{2}{3}$ de l'azote des matières organiques en azote ammoniacal.

Ce dernier effet semblerait devoir exercer une action utile sur l'épuration ultérieure, car on sait avec quelle rapidité l'ammoniaque est nitrifiée. Mais nous avons cru devoir vérifier directement si cette modification est indispensable aux phénomènes d'oxydation qui vont se passer sur le lit de tourbe. Dans ce but, nous avons supprimé, dans la mesure possible, l'effet anaérobique antérieur, en réduisant la capacité de la bâche alimentant la colonne épuratrice aux dimensions strictement nécessaires pour alimenter d'une façon ininterrompue le débit régulier. L'eau d'égout n'y séjournait que quelques heures, y déposant les matériaux les plus grossiers, et se vidait journellement, ce qui ne permet pas la production du levain abondant de ferments anaérobies qui caractérise la fosse septique en activité. Aussi l'eau qui en sortait était-elle peu différente de celle qui était puisée dans l'égout collecteur; sa couleur était ambrée et non noirâtre comme celle de l'eau qui sort des fosses septiques; elle n'avait pas non plus l'odeur nauséabonde qui caractérise les milieux réducteurs; il ne s'en dégageait pas de bulles gazeuses. Déversée à raison de 3000^l par mètre carré et par jour, sur la colonne épuratrice de tourbe, elle s'est épurée aussi parfaitement que celle qui avait séjourné dans les fosses septiques.

C'est ce que montrent les chiffres suivants, qui représentent les moyennes d'analyses effectuées pendant une période de 6 jours, après quinze autres

jours de fonctionnement avec le même régime; ils sont exprimés en milligrammes par litre d'eau :

	Eau brute.		Eau sortant de la bâche.		Eau sortant de la colonne épuratrice.
	En solution.	En suspension.	En solution.	En suspension.	En solution.
	mg	mg	mg	mg	mg
Oxydabilité acide..	96	233,5	74	56,3	8,9
Azote organique...	13,8	28,3	9,1	7,8	1,6
Azote ammoniacal..	16,6	0	18,7	0	0
Azote nitrique.....	0	0	0	0	15,0

Au bout de 25 jours de fonctionnement, le lit de tourbe ne présentait aucun indice de colmatage; il ne s'était pas formé d'amas glaireux de zooglées et de soufre. Dans cet essai, l'épuration, sans passage par les fosses septiques, a donc été aussi parfaite que dans ceux où l'on employait les fosses septiques.

En particulier, la proportion d'azote organique ayant résisté aux agents oxydants n'était pas plus considérable, bien qu'il n'ait pas, au préalable, subi l'action des microbes anaérobies qui le peptonisent et finalement le transforment en ammoniaque.

Dans tous les cas observés, une quantité sensiblement égale d'azote organique persiste après l'épuration, quelque parfaite que soit celle-ci. Il semble appartenir à des noyaux très réfractaires aux actions microbiennes; mais sa présence n'est pas une cause de nocuité, car l'eau qui le contient est imputrescible.

En somme, dans nos expériences, le rôle utile des fosses septiques, précédant l'oxydation sur le lit de tourbe, s'est borné à opérer la décantation des matériaux en suspension. L'établissement de ces fosses étant coûteux et encombrant, on peut donc chercher à réduire leur importance et les considérer surtout au point de vue du dégrossissage des eaux à épurer.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur l'évacuation de bacilles tuberculeux par la bile dans l'intestin chez les animaux porteurs de lésions latentes ou « occultes ».* Note de MM. **A. Calmette** et **C. Guérin**.

Dans une série d'expériences faites récemment à la ferme du *Bureau of Animal Industry*, de Washington, E.-C. Schrœder et W.-E. Cotton [1] ont

[1] E.-C. Schrœder et W.-E. Cotton, *Bureau of Animal Industry*, Washington, Bull. n° 99, 1907.

démontré que les déjections des Bovidés réagissant à la tuberculine, mais ne présentant aucune lésion ouverte et en apparence parfaitement sains, contiennent fréquemment en masse des bacilles tuberculeux virulents et contaminent dans 41,6 pour 100 des cas les porcs qui les ingèrent. Mais on ignore actuellement par quel mécanisme cette élimination des bacilles par l'intestin peut s'exercer.

Les études que nous poursuivons actuellement sur les propriétés si curieuses que possèdent les bacilles tuberculeux bovins, *cultivés sur bile de bœuf* (1), nous ont conduits à rechercher si, dans un organisme animal récemment infecté par voie sanguine et *porteur de lésions tuberculeuses fermées*, les bacilles qu'on rencontre en abondance et par intermittences dans les déjections ne proviendraient pas de ce qu'ils sont éliminés par la glande hépatique et évacués avec la bile dans l'intestin.

Comme il est extrêmement difficile de surprendre l'une de ces évacuations intermittentes de bacilles par l'inoculation directe au cobaye du contenu centrifugé et lavé de vésicules biliaires provenant de Bovidés tuberculeux sacrifiés dans les abattoirs, nous avons tourné la difficulté en réalisant l'expérience que voici :

Nous avons injecté dans la veine marginale de l'oreille de *sept lapins* 1^{cg} de bacilles bovins finement émulsionnés, provenant d'une culture sur pomme de terre glycérinée, âgée de 6 semaines.

Chacun de ces animaux est sacrifié par section du cou successivement 24 heures, 48 heures, 3, 4, 5, 6 et 7 jours après l'inoculation. Le cadavre est immédiatement ouvert et, en évitant soigneusement de toucher la surface du foie, le contenu de la vésicule biliaire est aspiré dans une pipette et centrifugé. Le culot de centrifugation, dilué dans 2^{cm^3} d'eau salée physiologique, est inoculé à la dose de $0^{cm^3},5$ sous la peau de la cuisse de quatre cobayes.

Les *vingt-huit* cobayes sont tous sacrifiés et autopsiés 45 jours après l'inoculation des quatre de la dernière série.

Ceux qui ont reçu la bile des lapins 1 et 2, injectés depuis 24 et 48 heures, sont *indemnes*.

2 sur 4 inoculés avec la bile du lapin sacrifié le troisième jour sont tuberculeux.

1 sur 4 inoculés avec la bile du lapin sacrifié le quatrième jour est tuberculeux.

Les huit cobayes inoculés avec la bile des lapins sacrifiés les cinquième et sixième jours sont indemnes.

3 sur 4 inoculés avec la bile du lapin sacrifié le septième jour sont tuberculeux.

Il est donc évident qu'une partie des bacilles introduits dans le torrent

(1) A. Calmette et C. Guérin, *Comptes rendus*, 28 décembre 1908.

circulatoire peut être éliminée par la glande hépatique et évacuée avec la bile dans l'intestin.

Or, nous avons précédemment montré que la bile modifie l'enveloppe ciro-graisseuse des bacilles et facilite leur absorption par la muqueuse intestinale saine.

Les sujets dont les sécrétions biliaires sont plus ou moins bacillifères se trouvent, par suite, fréquemment exposés à des réinfections par résorption intestinale; s'il s'agit de vaches laitières, alors même qu'elles ne portent aucune lésion de la mamelle, leur lait, comme l'a expérimentalement prouvé G. Moussu (1), peut renfermer des bacilles tuberculeux virulents.

Les déjections de ces sujets porteurs de lésions latentes ou *occultes* sont particulièrement redoutables au point de vue de la dissémination de la tuberculose. Le danger qu'elles présentent est d'autant plus grand qu'il est presque toujours insoupçonné.

Il y a lieu d'attirer spécialement l'attention des éleveurs de bétail sur la contagion possible par ces déjections dans les étables, et de leur conseiller de n'épandre, sur les prairies ou pâturages, que des fumiers provenant d'animaux reconnus, *cliniquement et par l'épreuve de la tuberculine,* indemnes de tuberculose.

En règle générale et par mesure de précaution, les fumiers des animaux réagissant à la tuberculine, ne pouvant pas être détruits, devraient être réservés aux terres de labour.

En présentant un de ses Ouvrages, M. **Edmond Perrier** s'exprime ainsi :

En mon nom personnel et au nom de M. le Dr Verneau, j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie un Ouvrage intitulé *La Femme devant la Biologie et les caractères généraux du sexe féminin,* dans lequel j'ai cherché à exposer l'origine et la signification des traits caractéristiques du type féminin, en général, et dans l'espèce humaine, en particulier, tandis que M. le Dr Verneau a suivi les modifications de ce type dans les diverses races humaines.

L'Académie connaît déjà quelques fragments de cet Ouvrage qui ont été lus dans deux séances publiques annuelles de l'Institut sous les titres *L'Instinct* et *La Parure;* elle sait par conséquent dans quel esprit le sujet a été traité; je me bornerai ici à indiquer le plan de l'Ouvrage.

---

(1) G. Moussu, *Soc. de Biologie,* 16 avril 1904; *Acad. de Médecine,* 14 février 1905 et *Recueil de Méd. vétérinaire,* 15 décembre 1905.

Le premier Livre a pour objet d'exposer comment les phénomènes de sexualité ont été graduellement réalisés dans le règne végétal et quelle transformation ils y ont subie. Cet exposé est résumé dans dix-neuf propositions dont la plus importante, au point de vue du sujet, est celle-ci, que M. Blaringhem a établie sur des bases expérimentales solides : « Toute diminution de l'activité nutritive est favorable au développement du sexe masculin; toute suractivité nutritive, au développement du sexe féminin. »

Cette conclusion est justement celle à laquelle conduit la morphologie comparée des animaux, ainsi que je l'ai exposé en 1905 ([1]). Il suit de là que le déterminisme des phénomènes de sexualité est le même dans les deux règnes. Il semblerait donc qu'il soit facile de réaliser à volonté tel ou tel sexe, et l'on a, à cet égard, quelques résultats encourageants; mais les recherches mêmes de M. Blaringhem apprennent que les perturbations sexuelles expérimentales sont héréditaires, de sorte qu'il faut s'attendre à ce que l'hérédité nolise, dans une certaine mesure, les actions propres à déterminer la réalisation de tel ou tel sexe. C'est la première difficulté à vaincre quand on s'adresse au règne animal; elle ne paraît pas insurmontable.

Dans le règne animal, comme dans le règne végétal, la sexualité s'ébauche peu à peu dans les formes inférieures et atteint à sa réalisation complète chez les Hémosporidies. Le parallélisme entre le développement de ces animaux et celui des éléments sexués des animaux supérieurs ou métazoaires est absolu. On est alors amené à rechercher comment ces éléments ont pu conserver un pareil mode d'évolution parmi les éléments si nombreux, si différents dans leur mode d'évolution, qui constituent l'édifice corporel, et à déterminer quelle est leur place dans cet édifice. L'étude de la formation du corps des animaux fait l'objet du second Livre. Dans mon Ouvrage *Les Colonies animales et la formation des organismes* (1881), j'avais éprouvé d'assez grandes difficultés à expliquer les caractères de quatre des embranchements du règne animal : les Échinodermes, les Mollusques, les Vertébrés et les Tuniciers. J'espère y être parvenu, dans ce nouvel Ouvrage, en combinant les principes de Lamarck avec ceux qui régissent l'Embryogénie, tels qu'ils ont été précisés et développés dans un Mémoire que j'ai publié en commun avec M. Gravier en 1902 ([2]). L'application de ces principes conduit à la conclusion que dans ces quatre embranchements l'orga-

---

([1]) E. Perrier, *La Parure*, lecture faite à la séance publique des cinq Académies.

([2]) E. Perrier et C. Gravier, *La tachygenèse, ou Accélération embryogénique* (*Annales des Sciences naturelles*, 1902).

nisme primitif des Artiozoaires segmentés a été remanié à la suite de changements successifs d'attitude que ces animaux ont dû subir et auxquels la disposition de leurs parties a dû s'accommoder. Ces attitudes successives sont encore prises au cours de leur évolution par leurs embryons, qui se rattachent tous, par leur organisation, à ceux des Vers annelés.

On peut, en effet, résumer toute l'histoire embryogénique des Échinodermes en disant qu'ils résultent de la transformation de Vers annelés à cinq segments, courbés en C, et qui, après une période de natation sur le dos en bas, sont tombés sur le fond où ils sont demeurés couchés sur le côté gauche; ce côté de l'embryon devient, par la suite, le ventre de l'adulte, le côté droit devenant son dos. Ainsi que l'ont déjà admis d'autres auteurs, le bourgeonnement de chaque segment a d'abord produit les Étoiles de mer à cinq bras, d'où il est facile de tirer toutes les autres formes.

L'ancienneté des Oscabrions à corps nettement segmenté, l'identité de leur système nerveux avec celui des Pleurotomaires, abstraction faite de la bosse dorsale enroulée en hélice de celles-ci, autorisent à les considérer comme voisins des ancêtres des Mollusques. La bosse dorsale, commune à tous les Mollusques, ne peut avoir poussé en sens inverse de la pesanteur; il faut donc admettre qu'à un certain moment des organismes précurseurs des Mollusques, dont les Oscabrions actuels sont les descendants les moins modifiés, sont devenus nageurs en prenant une attitude renversée et, sous l'action de la pesanteur, ont acquis une bosse dorsale couverte d'une coquille qui a pu demeurer droite (Orthocères, Tentaculites, Conulaires), s'enrouler en spirale (Nautiles, Ammonites, Bellérophons, etc.), puis en hélice lorsque le Mollusque ainsi réalisé est redevenu rampant (Lang). On sait que les larves de Gastéropodes diotocardes traversent encore une partie de ces phases, et tous les Mollusques nageurs actuels nagent le dos en bas.

Ét. Geoffroy Saint-Hilaire avait déjà remarqué que les Vertébrés diffèrent surtout des autres animaux segmentés par un renversement d'attitude. Une interprétation rigoureuse de l'ontogenèse de l'*Amphioxus* montre que ce renversement, provoqué par la tachygenèse du système nerveux, a été réalisé en deux temps; que dans le premier de ces temps le Vertébré futur était couché sur le côté et dissymétrique; que dans le second il s'est redressé, mais avec le dos en bas, et a reconstitué sa symétrie bilatérale.

Ce sont ces ancêtres dissymétriques des Vertébrés qui, en se fixant par la tête, ont donné naissance à l'embranchement des Tuniciers, comme l'indiquent les larves des Ascidies simples.

Ainsi se trouvent rattachés à des causes simples les caractères des embran-

chements demeurés longtemps énigmatiques du règne animal. Pratiquement les Artiozoaires se répartissent en deux groupes, les *Archithétiques* qui ont conservé l'attitude primitive et les *Néothétiques* qui en ont pris une autre.

Ces points, établis par de nombreux exemples, étant acquis, le troisième Livre est consacré à l'explication de la forme humaine. Cette réalisation semble avoir été le résultat, singulièrement rapide, d'un mode d'utilisation des organes réglé par une intelligence toujours en progrès et dont les progrès étaient accélérés par des modifications organiques qu'elle provoquait elle-même. Une étude détaillée des caractères physiologiques et psychiques distinctifs de l'organisme féminin dans l'ensemble du règne animal, étude qui comprend les deux lectures rappelées au début, conduit à des conclusions générales sur lesquelles il n'y a pas lieu d'insister ici.

A ma demande, M. le Dr Verneau, assistant d'Anthropologie au Muséum et directeur du Musée ethnographique du Trocadéro, a bien voulu décrire, avec la compétence qu'on lui connaît en Anthropologie et de la façon la plus strictement scientifique, les caractères ethniques de la femme chez les différents peuples. Ses descriptions sont appuyées de nombreuses figures empruntées à la collection du Muséum.

Lorsque nous avons écrit ce Volume, nous pensions avoir l'assurance que la collection qu'il commençait serait absolument homogène et de haute tenue. Diverses circonstances ultérieures nous obligent à déclarer ici que notre rôle dans cette entreprise s'est exclusivement borné à rédiger cet unique Volume scientifique et à protester contre la façon dont l'œuvre entière a été présentée au public.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats, qui devra être présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la Chaire de *Physique appliquée aux Sciences naturelles*, vacante au Muséum d'Histoire naturelle, par suite du décès de M. *H. Becquerel*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre des votants étant 54,

M. Jean Becquerel obtient	42	suffrages
M. P. Weiss »	12	»

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre des votants étant 51,

M. P. Weiss obtient	49	suffrages
M. A. Leduc »	1	»

Il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne........ M. **Jean Becquerel**
En seconde ligne......... M. **P. Weiss**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Le XXe Bulletin chronométrique* (année 1907-1908), publié par M. A. Lebeuf, Directeur de l'Observatoire de Besançon. (Présenté par M. B. Baillaud.)

2° *Psycho-biologie et Énergétique. Essai sur un principe de méthodes intuitives de calcul*, par M. Charles Henry.

3° *Annales du Musée colonial de Marseille*, 16ᵉ année, 2ᵉ série, 6ᵉ Volume (1908). (Transmis par M. Ed. Heckel.)

4° *Alfred Giard* (1846-1908). *In memoriam*, par Paul Pelseneer.

5° *Festskrift til* H.-G. Zeuthen *fra Venner og Elever i Anledning af Hans 70 Haars Fodselsdag* 15 *februar* 1909.

6° *The Bell Telephon. The deposition of* Alexander Graham Bell *in the suit brought by the United States to annul the Bell Patents.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Détermination des systèmes conjugués.* Note de M. S. Carrus.

La recherche des familles de surfaces se coupant suivant des lignes conjuguées a été ramenée par M. Darboux à la détermination successive de fonctions β_{ik}, U_i, puis H_k. Tous les systèmes admettant les mêmes solutions en β_{ik}, U_i se correspondent par plans tangents parallèles.

Nous avons en vue la détermination de ce premier groupe et nous appliquerons nos résultats à la recherche des systèmes admettant une ou deux familles de lignes d'intersection planes. Dans le cas de trois variables, le système s'obtient en prenant trois systèmes de solutions U, $U_i U_j U_k$, $V_i V_j V_k$, $W_i W_j W_k$. Nous obtenons d'abord les trois seules équations suivantes, auxquelles satisfont U_i et par suite V_i, W_i, que nous appellerons désormais U, V, W :

$$(\text{I}) \quad \left\{ \begin{aligned} & U_{jk} - \frac{\beta_{ik}\beta_{kj}}{\beta_{ij}} U_j - \frac{\beta_{jk}\beta_{ij}}{\beta_{ik}} U_k = 0, \\ & U_{ik} - U_k \frac{\partial}{\partial \rho_i} L\beta_{ik} - \beta_{ik}\beta_{ki} U_i = 0, \\ & U_{ij} - U_j \frac{\partial}{\partial \rho_i} L\beta_{ij} - \beta_{ij}\beta_{ji} U_i = 0. \end{aligned} \right.$$

Nous introduisons les rapports $\frac{V}{U} = \lambda$, $\frac{W}{U} = \mu$ et sommes amenés d'autre part à poser

$$(\text{II}) \qquad U = e^{\nu}, \qquad \beta_{ij} = e^{\rho+\nu}, \qquad \beta_{ik} = e^{\sigma+\nu}, \qquad \frac{\beta_{ji}}{\beta_{ij}} = \alpha, \qquad \frac{\beta_{ki}}{\beta_{ik}} = \beta.$$

On en déduit sans ambiguïté β_{jk}, β_{kj} et les nouvelles fonctions ν, λ, μ, α, β, ρ, σ satisfont à neuf équations qui donnent d'abord

$$(\text{III}) \quad \left\{ \begin{aligned} & \rho_k = (\lambda_k \mu_j), \quad \sigma_j = (\lambda_j \mu_k), \quad \nu_k = -(\lambda_k \mu_i) \\ & \rho_i = (\lambda_i \mu_j), \quad \sigma_i = (\lambda_i \mu_k), \quad \nu_j = -(\lambda_j \mu_i) \end{aligned} \right. \quad \left[(\lambda_j \mu_k) = \frac{\lambda_j \mu_{k} - \mu_j \lambda_{jk}}{\lambda_j \mu_k - \lambda_k \mu_j} \right].$$

Les fonctions λ, μ devraient donc satisfaire à quatre équations : elles se réduisent à deux :

$$(4) \qquad (\lambda_k \mu_j)_i = (\lambda_i \mu_j)_k, \qquad (\lambda_j \mu_k)_i = (\lambda_i \mu_k)_j.$$

ρ, σ, ν seront alors déterminées par de simples quadratures à une fonction de ρ_j, ρ_k ou ρ_i près. Quant à α, β, ils seront déterminés sans ambiguïté. La recherche des systèmes conjugués les plus généraux est donc ainsi ramenée à l'intégration des équations (4), équations aux dérivées partielles du troisième ordre ne renfermant que les dérivées $\lambda_{i'j'}$ ou $\lambda_{i'j'k'}$ où les indices sont distincts.

Systèmes admettant une famille de lignes d'intersection planes. — Si les courbes ρ_i sont planes ($z = ax + by + c$; a, b, c désignant trois fonctions de $\rho_j \rho_k$ seulement), on obtiendra aisément la relation $\mu = a + b\lambda$.

Si l'on élimine μ entre cette relation et les équations (4), on obtient

deux équations qu'on peut intégrer une fois; on forme ensuite une combinaison ne renfermant que la fonction λ seule, et l'on en déduit que, si λ n'est pas indépendant de ρ_i, les deux équations auxquelles elle doit satisfaire se réduisent à une seule qui peut s'écrire

$$(5) \qquad \frac{D}{D\rho_k}\left(\frac{\lambda_j b_j}{a_j + b_j\lambda}\right) = \frac{D}{D\rho_j}\left(\frac{\lambda_k b_k}{a_k + b_k\lambda}\right).$$

Les coefficients directeurs a, b du plan peuvent donc être des fonctions de $\rho_j\rho_k$ choisies arbitrairement. Les systèmes conjugués à une famille de lignes d'intersection planes, déterminés par l'équation aux dérivées partielles du second ordre (5), dépendent donc de quatre fonctions arbitraires de deux variables et de six fonctions d'une variable.

Nous avons pu ramener l'intégration de l'équation (5) à celle de l'équation de Laplace très simple

$$(6) \qquad (A\varphi_j)_k = (B\varphi_k)_j \qquad \left(A = \frac{a_j}{b_j},\ B = \frac{a_k}{b_k}\right),$$

en posant

$$\frac{\lambda_j}{A+\lambda} = -\frac{\varphi_j}{\varphi}, \qquad \frac{\lambda_k}{B+\lambda} = -\frac{\varphi_k}{\varphi};$$

φ et λ étant déterminées, toutes les quadratures nécessaires pour obtenir ρ, σ, ϱ peuvent alors se faire.

Systèmes admettant deux familles de lignes d'intersection planes. — En tenant compte des résultats précédents on trouve tout d'abord que la fonction φ doit être de la forme

$$\varphi = u + b\theta + \Theta\psi,$$

u, θ, Θ désignant des fonctions de $\rho_i\rho_k$, ψ une fonction de $\rho_j\rho_k$.

En exprimant que cette fonction satisfait à l'équation (6) on obtient une équation fonctionnelle dont nous avons pu déterminer toutes les solutions possibles. Elles se partagent en des cas divers formant deux grandes classes suivant que B_j est ou non nul. Nous ne citerons que le cas suivant : a et b peuvent être choisies arbitrairement. La solution φ doit être de la forme

$$\varphi = i + i_1 b + i_2\psi(\rho_j\rho_k),$$

ψ satisfaisant à l'équation (6).

Dans ce cas, les trois familles de lignes d'intersection sont planes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation du théorème de Poisson.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. H. Poincaré.

Considérons le *système canonique généralisé*

$$\frac{dx_i}{\sum_k \frac{\nu_{ki}}{\nu}\frac{\partial H}{\partial x_k}} = dt \qquad (i, k = 1, \ldots, 2m), \tag{1}$$

où ν_{ki} est le mineur de $N_{ki} \equiv \frac{\partial N_k}{\partial x_i} - \frac{\partial N_i}{\partial x_k}$ dans le déterminant symétrique gauche ν formé au moyen des N_{ki}. Ce déterminant ν sera supposé différent de zéro. Les N_k et h sont des fonctions de $2m$ variables $x_1, \ldots, x_{2m}$.

Ce système (1) jouit de propriétés remarquables.

I. Il admet l'*invariant intégral relatif*

$$J_1 \equiv \int \sum_1^{2m} {}_i N_i \,\delta x_i.$$

On aura, en vertu de (1),

$$\frac{d}{dt}\sum_1^{2m} {}_i N_i \,\delta x_i = \delta\left(H + \sum_1^{2m} {}_i \sum_1^{2m} {}_k \frac{\nu_{ki}}{\nu}\frac{\partial H}{\partial x_k} N_i\right).$$

L'expression $\sum_1^{2m} {}_i N_i \,\delta x_i$ est une forme de Pfaff de la *deuxième classe*.

II. La racine carrée de ν est un *multiplicateur de Jacobi* de (1).

III. La connaissance d'un invariant intégral relatif de la deuxième classe appartenant à *un système de* $2m$ *équations* permettra d'écrire celui-ci sous la forme canonique généralisée.

IV. *La fonction caractéristique* H est un invariant du système (1).

V. Un changement *quelconque* des variables $x_1, \ldots, x_{2m}$ *conserve* la forme canonique généralisée des équations (1). Si $x'_1, \ldots, x'_{2m}$ sont les nouvelles variables, on aura

$$\frac{dx'_i}{\sum_k \frac{\nu'_{ki}}{\nu'}\frac{\partial H'}{\partial x'_k}} = dt \qquad (i, k = 1, \ldots, 2m),$$

où

$$\frac{\nu'_{ki}}{\nu'} = \sum_1^{2m}{}_\alpha \sum_1^{2m}{}_\beta \frac{\partial x'_k}{\partial x_\alpha} \frac{\partial x'_i}{\partial x_\beta} \frac{\nu_{\alpha\beta}}{\nu},$$

$$H' = H.$$

VI. M. Poincaré a montré (¹) que tout invariant intégral *relatif* d'ordre p pouvait être considéré comme la somme d'un invariant *absolu* d'ordre p et d'une différentielle *exacte* d'ordre p. Ici $p = 1$; on trouvera ainsi *la fonction de Jacobi généralisée*

$$V = V_0 + \int_{t_0}^{t} \left(H + \sum_1^{2m}{}_i \sum_1^{2m}{}_k \frac{\nu_{ki}}{\nu} \frac{\partial H}{\partial x_k} N_i \right) dt.$$

On ne pourra pas en déduire *la forme généralisée* de l'équation de Jacobi.

VII. En généralisant les procédés indiqués par M. Poincaré, on pourra déduire de J_1 respectivement un invariant *absolu* du deuxième ordre I_2, un invariant *relatif* du troisième ordre J_3, etc. Ceux-ci sont particulièrement intéressants dans le problème de Pfaff quand J_1 est un invariant *absolu*.

VIII. *Généralisation du théorème de Poisson. — Si* ρ_1 *et* ρ_2 *sont deux invariants du système* (1)

$$(2) \qquad \{\rho_1, \rho_2\} = \sum_1^{2m}{}_i \sum_1^{2m}{}_k \frac{\nu_{ki}}{\nu} \frac{\partial \rho_1}{\partial x_i} \frac{\partial \rho_2}{\partial x_k}$$

est aussi un invariant de (1).

Si, dans le premier membre de l'*identité* de Poisson, on remplace les parenthèses (ρ_1, ρ_2) par les expressions ci-dessus $\{\rho_1, \rho_2\}$, on n'obtient plus un résultat identiquement nul. La nouvelle démonstration de M. Poincaré (²) s'étend au contraire parfaitement au théorème de Poisson généralisé.

IX. L'expression (2) est identique *au premier paramètre différentiel mixte* de la forme bilinéaire

$$\sum{}_i \sum{}_k N_{ik} \delta_1 x_i \delta_2 x_k.$$

Le *second paramètre* différentiel $\Delta_2(f)$ de cette même forme bilinéaire et d'une forme quelconque f est nul.

(¹) POINCARÉ, *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. III, p. 14.

(²) *Loc. cit.*, t. I, p. 169.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes d'équations différentielles* [1]. Note de M. E. GOURSAT, présentée par M. Émile Picard.

Dans un Mémoire publié en 1898, M. John Eiesland (*American Journal of Mathematics*, t. XX) et, plus récemment, M. Ernesto Laura (*Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino*, 1907 et 1908) ont étudié les systèmes d'équations différentielles linéaires qui sont identiques à leur adjoint

$$(1) \qquad \frac{dy_i}{dx} = a_{i1}y_1 + a_{i2}y_2 + \ldots + a_{in}y_n = 0, \qquad a_{ih} + a_{hi} = 0.$$

Ils ont démontré en particulier que, dans le cas où $n = 4$, l'intégration d'un pareil système se ramène à l'intégration de deux équations de Riccati. Ce théorème n'était pas nouveau. J'en ai donné la démonstration, il y a déjà longtemps, dans une Note *Sur les systèmes d'équations linéaires qui sont identiques à leur adjoint*, présentée à l'Académie le 16 janvier 1888 (*Comptes rendus*, t. CVI, p. 187). Il est vrai que ma méthode semblait exiger aussi une quadrature, mais ce n'est qu'en apparence. Une fois les deux équations de Riccati intégrées, la quadrature s'effectue d'elle-même. Je reviendrai en quelques mots sur ce point de détail, que j'avais laissé de côté dans ma Note, ayant alors l'intention de développer les calculs dans un travail plus étendu. La méthode employée consiste à déterminer les systèmes d'intégrales y_1, y_2, y_3, y_4, vérifiant la relation

$$(2) \qquad y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + y_4^2 = 0.$$

On satisfait à cette équation en posant

$$y_1 = \rho(\eta - \xi), \qquad y_2 = \rho(1 + \xi\eta), \qquad y_3 = i\rho(1 - \xi\eta), \qquad y_4 = i\rho(\eta + \xi),$$

ρ, η, ξ étant trois nouvelles inconnues. En substituant dans les équations du système (1), on obtient, pour déterminer ρ, ξ, η, les trois équations suivantes [2] :

$$(3) \qquad 2\frac{d\eta}{dx} = (a_{12} + a_{43})(1 + \eta^2) + i(a_{13} + a_{24})(1 - \eta^2) + 2i(a_{32} + a_{14})\eta$$

---

[1] Voir, sur ce sujet, deux Communications récentes dans les *Comptes rendus*, l'une de M. Darboux (4 janvier 1909) et l'autre de M. Vessiot (8 février).

[2] A part la différence des notations, le système obtenu par M. Eiesland est identique à celui-là.

et

$$(4) \qquad 2\frac{d\xi}{dx} = (a_{21}+a_{43})(1+\xi^2) + i(a_{31}+a_{24})(1-\xi^2) + 2i(a_{32}+a_{41})\xi,$$

$$(5) \qquad \frac{2}{\rho}\frac{d\rho}{dx} = (a_{21}+ia_{13})(\eta-\xi) + 2ia_{23} + (a_{34}+ia_{24})(\eta+\xi).$$

On voit que η et ξ s'obtiennent par l'intégration de deux équations de Riccati indépendantes l'une de l'autre. Soient $\eta(x, C)$, $\xi(x, C')$ les intégrales générales de ces deux équations, C et C′ désignant les constantes d'intégration. En différentiant l'équation (3) par rapport à C et l'équation (4) par rapport à C′, les deux relations obtenues peuvent s'écrire

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\log\frac{\partial\eta}{\partial C}\right) = (a_{12}+a_{43})\eta - i(a_{13}+a_{24})\eta + i(a_{32}+a_{14}),$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\log\frac{\partial\xi}{\partial C'}\right) = (a_{21}+a_{43})\xi - i(a_{31}+a_{24})\xi + i(a_{32}+a_{41});$$

en les rapprochant de l'équation (5), on en déduit la nouvelle relation

$$\frac{\partial}{\partial x}(\log\rho^2) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\log\frac{\partial\eta}{\partial C}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\log\frac{\partial\xi}{\partial C'}\right) = 0.$$

La valeur de ρ s'obtient donc sans aucune quadrature :

$$\rho^2\frac{\partial\eta}{\partial C}\frac{\partial\xi}{\partial C'} = C'',$$

C″ étant une nouvelle constante arbitraire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales multiformes des équations différentielles algébriques.* Note de M. **Pierre Boutroux**, présentée par M. P. Painlevé.

Dans des Notes récemment présentées à l'Académie, j'ai cherché à indiquer une voie qui permette d'aborder l'étude des équations différentielles algébriques à intégrales multiformes. Je prends pour exemple l'équation

$$(1) \qquad zz' + 3z - 2(x-\alpha)(x-\beta)(x-\gamma) = 0$$

qui, outre le point ∞, possède à distance finie trois points transcendants. Aux quatre points α, β, γ, ∞ correspondent respectivement quatre couples

de paramètres d'intégration définis par les développements de Briot et Bouquet. A chaque couple de paramètres correspond, d'autre part, une substitution simple qui permet de déduire d'une branche d'intégrale un ensemble partiel d'autres branches de la même intégrale. Dès lors, pour obtenir toutes les branches d'une intégrale quelconque, il suffirait de savoir déterminer les substitutions d'un paramètre C qui correspondent aux substitutions simples des autres paramètres. Or j'ai indiqué comment, au voisinage de certaines valeurs, on saura toujours définir les paramètres en fonction les uns des autres. J'ai pu ainsi entreprendre l'étude générale des substitutions relatives au paramètre C, étude qui m'a conduit aux conclusions que je vais résumer.

J'ai cherché à ramener toutes les substitutions opérées sur C à des combinaisons d'un nombre limité de substitutions fondamentales (il se trouve que ces substitutions fondamentales sont nécessairement au nombre de *trois*, nombre des points transcendants situés à distance finie). Mais le choix des substitutions fondamentales reste évidemment arbitraire et dépend, en particulier, du paramètre C adopté et des valeurs de α, β, γ. Pour me borner à un seul cas, je considérerai une équation (1) voisine de celle que j'ai définie dans une précédente Note [1] [équation vérifiée par le polynome $(x-\beta)(x-\gamma)$], et je prendrai, d'autre part, comme paramètre C le paramètre C'_1, relatif au point transcendant directement critique $x=\beta$.

Pour opérer une substitution sur C'_1, il faut, nous le savons, faire décrire à x, de $\overline{x}$ (voisin de β) en $\overline{x}$, un circuit fermé entourant certains points critiques. Considérons, en premier lieu, un lacet décrit autour du point β : ce lacet opère la substitution

$$(S_1) \qquad (C'_1, \mu C'_1) \qquad (\mu \text{ const.}).$$

En second lieu, appelons P_1 la caractéristique (définie au point $\overline{x}$ voisin de β par une certaine valeur g_1 de C'_1) qui est nulle et holomorphe au point $x=\gamma$, et considérons un lacet $(\overline{x}, \overline{x})$ enveloppant un petit cercle de centre $x=\gamma$. Ce lacet n'altère pas g_1, mais il opère sur les valeurs de C'_1 voisines de g_1 une certaine substitution

$$(S_2) \qquad [C'_1, \varphi_1(C'_1)],$$

la fonction φ_1 étant holomorphe au voisinage de $C'_1=g_1$. Semblablement,

---

[1] *Comptes rendus*, 1er février 1909.

nous obtiendrons une troisième substitution

(S_3) $[C'_1, \varphi_2(C'_1)]$ (φ_2 holomorphe au voisinage de $C'_1 = g_2$)

qui est définie par rapport au point transcendant $x = \alpha$ comme (S_2) est définie par rapport à $x = \gamma$.

Cela posé, je constate que *toutes les valeurs de C'_1 qui appartiennent à une même intégrale $z(x)$ sont des produits des trois substitutions* (¹) (S_1) (S_2), (S_3). Mais comment calculer, pour toutes valeurs de C'_1, les fonctions φ_1 et φ_2? Là réside la difficulté principale.

Je n'avais primitivement pour dessein que de déterminer des cas où φ_1, φ_2 pussent être ramenées simplement à des fonctions uniformes. Mais il n'est pas plus difficile au point de vue théorique, et il est plus avantageux d'élucider tout de suite le cas général.

Soit proposé de déterminer, pour toutes valeurs de C'_1, l'effet de la substitution (S_2), *les substitutions* (S_1), (S_3) *étant exclues*. Je constate qu'il faut, pour cela, regarder (S_2) comme définie, non point par la fonction analytique $\varphi_1(C'_1)$ tout entière, mais par une *branche de cette fonction (uniforme ainsi que son inverse), laquelle est obtenue en empêchant C'_1 de franchir certaines coupures*. Les coupures sont menées par les valeurs $C'_1 = g_1, g_2, \infty$, valeurs pour lesquelles le circuit qui définit la substitution (S_2) se trouve traverser un point transcendant γ, α, β de l'équation différentielle (²). Si C'_1 venait à franchir l'une de ces coupures, la substitution (S_2) se changerait, suivant les cas, en $(S_1 \times S_2)$, $(S_3 \times S_2)$ ou S_2^2 substitutions que nous ne devons pas regarder comme simples.

Les mêmes remarques s'appliquent à la fonction $\varphi_2(C'_1)$ et à la substitution (S_3). En conséquence, nous sommes sûrs *d'obtenir toutes les valeurs cherchées de C'_1 en combinant de toutes les manières les substitutions* (S_1), (S_2), (S_3) *rendues uniformes, comme il vient d'être dit, au moyen d'un nombre fini de coupures* (³). Ce mode de reconstruction des intégrales multiformes est le plus simple, parce qu'il ne nous donne en général qu'une seule fois chacune des branches cherchées. D'autre part, il sera toujours possible

(¹) Ces substitutions pourraient d'ailleurs être remplacées par d'autres [produits de (S_1), (S_2) et de (S_1), (S_3), par exemple, lesquels sont opérés par des lacets décrits autour de $x = \infty$].

(²) On peut démontrer *a priori* que le circuit ne traverse jamais $x = \infty$.

(³) Si l'on supprime les coupures de $\varphi_1(C'_1)$ et $\varphi_2(C'_1)$, chacune des substitutions (S_2), (S_3) définit un groupe renfermant toutes les autres substitutions.

de représenter (pour tout C'_1) les fonctions substitutrices φ_1 et φ_2 (rendues uniformes) au moyen d'un nombre fini de développements convergents.

Mais l'intérêt des substitutions (S_1), (S_2), (S_3) me paraît surtout résider dans la relation directe qui se trouve établie entre ces substitutions et les singularités transcendantes de l'équation. Chacun des trois points β, γ, α peut être regardé comme un opérateur opérant une substitution $[(S_1), (S_2)$ ou $(S_3)]$: en sorte qu'il suffit de faire agir un nombre quelconque de fois, et dans un ordre quelconque, les trois opérateurs (β), (γ), (α) pour obtenir toutes les branches d'une intégrale. Mais, d'autre part, au voisinage immédiat d'un point transcendant, l'opérateur relatif à ce point agit seul; l'entourage d'un point transcendant est donc une sorte de microcosme où l'on peut observer, en miniature, l'action d'un opérateur isolé. Cette circonstance permet de déterminer exactement l'effet des substitutions fondamentales. Il n'y a ambiguïté que pour les valeurs particulières de C'_1 pour lesquelles les actions des opérateurs, se combinant entre elles, cessent d'être indépendantes.

Les substitutions (S_1), (S_2), (S_3) se simplifieront en même temps que les singularités α, β, γ, c'est-à-dire lorsque les coefficients de l'équation satisferont à certaines conditions arithmétiques aisées à déterminer.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les effets thermiques de l'arc musical.* Note [1] de M. **La Rosa**, présentée par M. Lippmann.

Je dois ajouter, comme suite à ma précédente Communication, qu'avec des modifications convenables apportées dans les conditions expérimentales que j'ai déjà décrites dans celle-là, j'ai réussi à séparer, du charbon de sucre soumis au traitement électrique, des parcelles qui tombent dans le bromoforme et dans l'iodure de méthylène.

La plupart de ces parcelles ont une forme plus ou moins arrondie, sont d'une couleur gris clair et assez brillantes.

Quelques-unes, examinées au microscope, présentent des caractères cristallins indiscutables et sont très luisantes.

J'ai pu observer, sur quelques-unes de ces parcelles cristallisées, des facettes triangulaires, manifestement courbées, quelques arêtes courbées

---

(1) Présentée dans la séance du 1er mars 1909.

et des plans de fracture à angle droit. Dans l'une d'elles j'ai même observé les facettes trapézoïdales qui sont caractéristiques du diploèdre.

La dimension maximum de la plus grande des parcelles obtenues est de $1^{mm},30$; elle est très transparente et présente à sa surface des stries parallèles très minces.

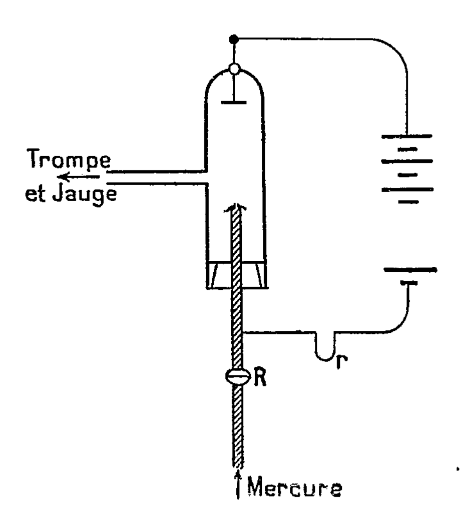
Avec ces parcelles j'ai même réussi à rayer le rubis.

Lorsque j'aurai réussi à obtenir un certain poids de ces parcelles, je procéderai à leur examen chimique.

ÉLECTROCAPILLARITÉ. — *Actions électrocapillaires et décharge dans les gaz raréfiés*. Note (1) de M. G. **Reboul**, présentée par M. Lippmann.

Quand une goutte de mercure se forme, il y a production, dans le gaz environnant, de charges positives et négatives; en opérant dans l'air raréfié, il est très facile de les mettre en évidence.

L'expérience est disposée comme l'indique la figure. L'électrode inférieure d'un tube à vide est formée d'une calotte en nickel, légèrement sphérique et percée à son sommet d'un trou très petit. Cette électrode est fixée à un tube de verre muni d'un robinet.



Quand le vide est fait dans l'appareil, la pression atmosphérique fait monter dans le tube le mercure d'un récipient; en agissant sur le robinet on provoque, à la surface de l'électrode, la formation de gouttes de mercure. Une batterie de petits accumulateurs permet d'établir une différence de potentiel entre les deux électrodes.

(1) Présentée dans la séance du 1er mars 1909.

Quand la différence de potentiel entre les deux électrodes est voisine du potentiel disruptif, la décharge ne se produit qu'avec un retard qui peut atteindre plusieurs minutes. Dès qu'on provoque l'écoulement le retard disparaît et la décharge se produit, quel que soit le sens du champ : la formation des gouttes a donc fourni au gaz les ions nécessaires pour amorcer la décharge.

Quand la différence de potentiel aux électrodes est inférieure au potentiel disruptif, si le mercure est négatif, quand l'on provoque l'écoulement la décharge s'établit, intermittente mais très nette, et elle se produit encore pour des différences de potentiel inférieures au potentiel disruptif de 10, 20 volts et même davantage; si le mercure est positif, la décharge ne se produit pas.

Les résultats s'expliquent par la différence de mobilité des ions positifs et négatifs; ces derniers, plus mobiles, peuvent par collisions produire la décharge dans des conditions où les ions positifs ne le peuvent pas. Il est également probable que la variation de surface de la goutte diminue la différence de potentiel au contact mercure-air et par suite facilite le passage du courant; d'après le sens de la couche double, cet effet ne peut se manifester que lorsque le mercure est négatif.

Ce dernier effet semble avoir une action prépondérante aux basses pressions. Pour des pressions de l'ordre de $\frac{1}{100}$ de millimètre, on a une décharge cathodique nettement accusée par la luminescence du gaz et la phosphorescence des parois : dans ces conditions, si l'on provoque l'écoulement, on voit partir de la goutte une cône d'ombre qui affaiblit nettement la lumière sur son trajet et vient effacer la phosphorescence des parois; la goutte se comporte comme un écran qui serait en avant de la cathode; pendant sa formation elle ne participe pas à l'émission cathodique.

Cette particularité s'explique si, au voisinage immédiat de la goutte, il y a pendant sa formation une diminution de la chute cathodique, ce qui doit résulter de la diminution de la différence de potentiel au contact mercure-gaz quand la surface varie.

PHYSIQUE. — *De la dissymétrie créée par le courant continu dans les chaînes de dissolutions aqueuses d'électrolytes ayant un ion commun.* Note de M. **M. Chanoz**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai prouvé que, dans certaines conditions, le passage d'un courant continu à travers la chaîne symétrique de dissolutions aqueuses d'élec-

trolytes $MR \mid M'R' \mid MR$ provoque une dissymétrie des contacts [1] et [2] se
[1] [2]
traduisant par l'apparition d'une force électromotrice dans la chaîne considérée.

J'ai pu étudier (¹) les variations électriques $(V_1 - V_0)$, $(V_2 - V_0)$ de chacun des contacts [1] et [2] dans des expériences portant sur *diverses* catégories de chaînes liquides. Voici les résultats obtenus dans un cas simple (solutions d'électrolytes ayant un ion commun) au quadruple point de vue du *signe*, de l'*intensité*, de la *dissipation* et de la *cause* des variations de potentiel ainsi mises en évidence :

Couples liquides étudiés.— Mes essais ont porté sur les couples $MR \mid M'R'$ suivants :

1° *Électrolytes à anion commun.* — Chlorures divers opposés à HCl ou chlorures différents. Sulfates opposés à SO^4H^2 ou divers sulfates. Azotates opposés à AzO^3H ou azotates divers. Bases hydratées opposées entre elles.

2° *Électrolytes à cathion commun.* — Sels de Na, de K ou bases correspondantes opposés à de très nombreux sels des métaux correspondants. Acides opposés entre eux.

Résultats. — A. *Signe des variations électriques.* — 1° Les variations de potentiel $(V_1 - V_0)$, $(V_2 - V_0)$ sont toujours de signes inverses.

2° Si l'on suppose que le contact utilisé traverse la chaîne liquide de gauche à droite de l'observateur, on trouve que $(V_1 - V_0)$ est *positif* pour certains couples liquides tels que : AzO^3K et KCl ou AzO^3H ou KOH; NaOH et KOH, etc.; *négatif* pour AzO^3K et les azotates en général; AzO^3K et un grand nombre de sels de K; NaOH et $Ba(OH)^2$, etc., mais sans qu'on puisse donner de règle *simple* concernant cette polarité.

B. *Intensité.* — 1° Les variations $(V_1 - V_0)$, $V_2 - V_0)$ sont en *valeur absolue* très différentes en général.

On a par exemple (en millivolts) :

			Couples.	
$(V_1 - V_0) = -79$	et $(V_2 - V_0) = +7$......	NaOH concentrée	CO^3Na^2	$\frac{N}{100}$
» +180	» —76......	$MnCl^2$ concentré	HCl	$\frac{N}{500}$
» — 13	» + 7......	AzO^3K concentré	SO^4K^2	$\frac{N}{100}$

(¹) M. Chanoz, *Comptes rendus*, 4 janvier 1909.

2° De plus, les variations observées diminuent le plus souvent quand les concentrations MR et M'R' deviennent voisines. C'est ainsi que SO^2Na^2 saturée, opposée à NaCl $\frac{N}{500}$ ou $\frac{N}{10}$ ou N, donne pour $(V_1 - V_0)$ les valeurs $+30$, $+19$, $+1$.

C. *Dissipation du phénomène.* — 1° Le phénomène électrique apparu se dissipe lentement à circuit ouvert. La vitesse de disparition, assez considérable dans les premiers instants qui suivent la suppression du courant générateur, diminue de plus en plus, adoptant une allure hyperbolique. Dans le cas cité, NaOH | $CO^3Na^2 \frac{N}{100}$ $(V_1 - V_0)$ tombe de -79 à -49 en 5 minutes et à -37 en 10 minutes.

2° Si l'on inverse le courant générateur, la dissipation a lieu bien plus rapidement et le phénomène observé change de sens.

D. *Cause du phénomène.* — 1° Il paraît difficile d'admettre que le phénomène électrique créé par le passage du courant dans une chaîne telle que NaCl | KCl | NaCl soit dû à une réaction chimique. Il est rationnel de rechercher si ce phénomène ne résulterait pas d'un *effet de concentration* des électrolytes aux contacts [1] et [2]. Si la concentration de KCl croissait en [2] et diminuait en [1] de la même quantité, on s'expliquerait très facilement les faits observés : A, *polarités différentes* des deux contacts liquides; B, *valeurs absolues différentes* de $(V_1 - V_0)$ et $(V_2 - V_0)$; C, *dissipation lente* du phénomène par un processus de diffusion.

2° En organisant des *chaînes liquides de concentration,* j'ai pu grouper facilement mes divers essais et arriver à cette conception très simple. Quand MR, M'R' ont un ion commun, *tout se passe* dans mes expériences *comme si* M'R' se concentrait en [1], se diluait en [2] si l'anion est le même, ou inversement se diluait en [1] et se concentrait en [2] dans le cas d'un cathion commun.

Ce sont là des éléments de probabilité en faveur de mon hypothèse. Voici des éléments de certitude.

3° Des sels *colorés* de K : MnO^4K ou $Fe^2Cy^6K^4$, ou CrO^4K^2, etc., sont utilisés comme chaînon M'R'; KOH ou AzO^3K ou KCl, etc., étant les chaînons MR dans la chaîne habituelle. Le courant continu, en la traversant, provoque nettement : *a*, une décoloration de M'R' au contact [2]; *b*, la formation en [1] d'un *anneau foncé* de M'R'.

La même expérience réalisée avec $(AzO^3)^2Ni$, etc., et AzO^3K donne les mêmes apparences, mais *inversées* : concentration de la couleur verte [due à $(AzO^3)^2Ni$] en [2] au point de sortie du courant continu; dilution de la couleur en [1] où le courant pénètre dans M'R'.

De telles expériences très démonstratives légitiment la conclusion suivante :

Conclusion. — Le phénomène électrique apparu dans une chaîne symétrique de dissolutions aqueuses d'électrolytes ayant un ion commun, traversée par le courant continu, résulte d'une dissymétrie engendrée par le courant. Cette dissymétrie consiste en des *variations* inverses des concentrations aux deux contacts liquides.

Si l'*anion* est commun, M'R' se concentre au point de *sortie* du courant. Au contraire, l'accroissement de la concentration se produit au point d'*entrée* si le *cathion* est le même pour les deux électrolytes.

PHYSIQUE. — *Sur le rôle des impuretés dans l'effet photo-électrique sur les liquides.* Note de M. **Eugène Bloch**, présentée par M. J. Violle.

1. On sait que l'effet photo-électrique de Hertz-Hallwachs, si intense pour les métaux, les oxydes métalliques, les solutions de certaines couleurs d'aniline, n'a jamais pu être mis en évidence pour l'eau et les solutions salines dans l'eau. Ayant cependant été amené, au cours de mes recherches sur l'effet photo-électrique de Lenard (¹), à douter de la généralité de ce résultat, j'ai jugé utile de reprendre la question.

L'appareil utilisé comprend comme partie essentielle une cuve métallique nickelée reliée à un électromètre sensible et destinée à contenir les liquides étudiés. Cette cuve est placée dans une boîte métallique de petit volume que l'on charge positivement par rapport à la cuve. On éclaire le liquide de la cuve au moyen d'étincelles condensées entre tiges d'aluminium ou d'un arc au mercure en quartz, à travers une ouverture pratiquée dans la boîte et fermée par une toile métallique et une plaque de quartz. La cuve est paraffinée sur ses bords, ce qui est le moyen le plus simple et le plus efficace pour éliminer tout effet Hertz parasite. Voici dès lors les principaux résultats obtenus avec l'eau et les solutions de $NaCl$, KCl, NO^3K.

2. L'eau ou la solution saline, conservée depuis quelque temps dans un flacon ou dans un verre, puis versée directement dans la cuve, *est toujours photo-électrique,* alors même que toutes les précautions de propreté ont été prises. L'effet peut aller du $\frac{1}{500}$ au $\frac{1}{50}$ de celui que présente le nickel, et même quelquefois au delà.

Il est dû à des traces d'impuretés purement superficielles, probablement à des traces de matières grasses. Si en effet on puise le liquide *dans la masse* au moyen d'une pipette très propre, on peut obtenir un liquide non photo-électrique. Au contraire, si le liquide est *versé directement* du récipient qui le contient dans la cuve, on ne peut que difficilement éviter l'effet photo-électrique, et cela par les précautions de lavage les plus minutieuses.

Les distillations ne sont d'aucune utilité. Les filtrations sur papier filtre neuf ou même sur filtre Chamberland neuf, loin de supprimer l'effet photo-électrique, le font

(¹) E. Bloch, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 892.

au contraire apparaître. Il m'a fallu laver plusieurs fois au mélange chromique un filtre Chamberland pour éviter ce salissement de l'eau par le filtre. De même une eau non photo-électrique le devient assez fortement si on l'effleure du doigt. La présence ou l'absence de sels en dissolution ne paraît pas essentielle.

Il me semble donc permis de conclure que l'eau et les solutions aqueuses étudiées ne sont pas photo-électriques *lorsque leur surface est parfaitement propre,* mais que *cette condition ne peut être réalisée que moyennant d'extrêmes précautions.* Celles-ci n'ont certainement jamais été prises dans les expériences déjà faites sur ce sujet, et, si l'on n'a pas jusqu'ici signalé d'effet Hertz sur l'eau, il faut, à mon sens, l'attribuer au manque de sensibilité des appareils utilisés plutôt qu'à la propreté parfaite du liquide. A titre de comparaison, je dirai qu'il m'était possible de mesurer facilement un effet plus de mille fois inférieur à celui du nickel poli, et par conséquent plusieurs dizaines de milliers de fois inférieur à celui du zinc.

3. Toutes les eaux naturelles sont, d'après ce qui précède, nettement photo-électriques; il est, d'ailleurs, facile de le vérifier directement, ainsi que pour les terrains les plus ordinaires. Il est dès lors naturel de songer au rôle que peut jouer l'effet Hertz dans l'ionisation de l'atmosphère. On sait en effet que la terre est chargée négativement. D'autre part, les rayons solaires transportent jusqu'au sol assez d'ultra-violet pour donner lieu à des effets photo-électriques très sensibles. J'ai pu vérifier qu'en été *le bleu du ciel,* en l'absence de rayons solaires directs, suffit à provoquer une déperdition rapide de l'électricité négative sur une lame de zinc. Il est donc certain que la lumière solaire provoque la sortie dans l'atmosphère d'une quantité notable de charges négatives, et cela aussi bien sur l'eau qu'à la surface des terres. Ces charges s'élèvent dans le champ terrestre et contribuent sans doute pour une part qui n'est pas négligeable à la conductibilité de l'atmosphère.

PHYSIQUE. — *Sur l'hypothèse de l'existence d'électrons positifs dans les tubes à vide. Réponse à la Note de M. J. Becquerel.* Note de M. **A. Dufour**, présentée par M. J. Violle.

J'ai montré dans une Note précédente [1] que le faisceau positif déviable de M. J. Becquerel, attribué par lui à des électrons positifs libres, n'était qu'*un afflux secondaire prolongé par un faisceau-canal.*

[1] *Comptes rendus,* t. CXLVIII, 22 février 1909, p. 481.

J'apporte aujourd'hui de nouvelles expériences qui confirment tout à fait ma précédente conclusion.

On peut en effet produire la déviation du faisceau de M. J. Becquerel, dans un sens ou dans l'autre, en l'absence de tout champ magnétique. Il suffit pour cela d'opérer dans un tube ([1]), analogue à celui de la figure 1, dont la cathode *c* est mobile autour d'un axe contenu dans son plan et perpendiculaire à l'axe du tube; en remuant un peu le tube, cette cathode oscille légèrement et l'on déplace ainsi la région T d'arrivée du faisceau cathodique issu de *c*, mais de manière à la laisser toujours *très voisine de c'*. On observe alors dans le tube D le faisceau positif de M. J. Becquerel, dévié dans un sens ou dans l'autre, mais toujours en sens inverse de la déviation qu'on fait subir au faisceau cathodique venant de *c*.

Il est donc manifeste que la déviation de ce faisceau positif résulte *uniquement* du petit déplacement de la région d'arrivée T des rayons cathodiques sur la paroi voisine de *c'*.

([1]) Dans la figure de la page 482 (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 22 février 1909) et de la page 547 (même Tome, 1er mars 1909) la lettre T devrait être en réalité placée beaucoup plus près de *c'*.

Je vais maintenant répondre rapidement aux dernières remarques de M. J. Becquerel ([1]).

En premier lieu, mes expériences ne sont pas plus compliquées que les siennes, puisque ce sont exactement les mêmes, faites dans des tubes aussi identiques que possible.

M. J. Becquerel fait remarquer qu'il agit localement, au-dessus de c', sur le faisceau positif et *qu'il le dévie fortement sans déplacer d'une manière appréciable le faisceau cathodique,* qui vient jusqu'en c'. Il est pourtant évident que M. J. Becquerel déplace aussi le faisceau cathodique, puisqu'il le met pendant une partie de son trajet dans un champ magnétique normal à sa trajectoire. Dans son Mémoire détaillé sur ce sujet, M. J. Becquerel dit d'ailleurs nettement lui-même que le faisceau cathodique dévié doit arriver *près de* c' pour observer la déviation de son faisceau positif (*Le Radium,* t. V, 1908, p. 197). Nous opérons donc tous deux de la même manière.

Comme M. J. Becquerel, j'observe le faisceau déviable aux pressions qu'il indique; je l'ai aussi à des pressions plus grandes; il apparaît à partir d'une certaine pression. Je pense même qu'on peut expliquer cette bizarrerie d'une manière très simple : le faisceau n'apparaît qu'au moment où la pression est assez basse pour que les rayons cathodiques venant de c frappent la paroi voisine de c' avec une énergie suffisante.

M. J. Becquerel rappelle une phrase du Mémoire précédent où il dit que la suppression de l'afflux venant de A ou une trop grande diminution de cet afflux entraîne la disparition du faisceau positif déviable; il présente ceci comme un fait expérimental, mais il ne dit pas comment il a fait l'expérience ([2]). A ce sujet, j'ai fait l'expérience suivante : *j'ai supprimé soit l'afflux causé par a* (en isolant cette électrode ou en la reliant à la cathode), *soit même les rayons-canaux traversant c dans le sens cc'* (en obturant alors le trou de la cathode c). J'ai quand même observé le faisceau positif de M. J. Becquerel et ses déviations dans les deux sens, comme précédemment.

En résumé, j'ai opéré dans des tubes identiques à ceux que figure M. J. Becquerel, alimentés également par une source continue; j'observe dans ces tubes un faisceau déviable particulier qui apparaît à partir d'une certaine pression et dont la déviation se fait toujours, par un moyen quelconque, magnétique ou non, dans un sens contraire à celui dans lequel sont déviés les rayons cathodiques issus de c et allant dans le même sens; ce faisceau

([1]) *Comptes rendus,* t. CXLVIII, 1er mars 1909, p. 546.

([2]) *Le Radium,* t. V, p. 197.

n'est déviable que si l'on agit au-dessus de c'; il illumine en vert la villémite; il donne sur les parois de verre la tache jaune signalée par M. J. Becquerel; en un mot, je retrouve *tous* ses résultats expérimentaux. Seulement je démontre que ce faisceau *qui jouit de toutes les propriétés du faisceau de M. J. Becquerel est dû à un afflux secondaire prolongé par un faisceau-canal.*

M. J. Becquerel répond que mon faisceau n'est peut-être pas le sien. Il est regrettable alors que M. J. Becquerel n'ait pas encore montré en public ses expériences. Nous aurions donc observé deux phénomènes d'aspect identique, se produisant dans les mêmes conditions; et cependant ces deux phénomènes seraient entièrement différents! On conviendra qu'une semblable conclusion est difficile à admettre. Il serait plus surprenant encore que M. J. Becquerel ait observé le phénomène qu'il décrit sans avoir en même temps rencontré le faisceau que je signale.

Je tiens que le seul résultat de toutes ces expériences aura été de constater sous une forme nouvelle l'existence des afflux secondaires, signalés depuis longtemps par M. Villard, et dont la formation mérite une étude approfondie.

PHYSIQUE. — *Spectrophotométrie à champ unichrome*. Note de M. **J. Thovert**, présentée par M. J. Violle.

Si on limite le faisceau émergeant d'un spectroscope par une fente conjuguée de la fente collimatrice, l'œil placé en arrière verra le champ éclairé d'une teinte uniforme. En séparant sur deux portions contiguës du champ les éclairements provenant de deux sources distinctes, on réalise un dispositif spectrophotométrique à champ unichrome.

Quel que soit l'arrangement optique de l'instrument, l'éclat du champ ne dépend essentiellement que de l'ouverture de la pupille utilisée et de l'intervalle des longueurs d'onde qui passent librement dans la fente limitant le faisceau dispersé; cet intervalle $\Delta\lambda$ caractérise la définition spectrale de l'observation. D'ailleurs, le rapport de l'ouverture de pupille utilisée dans le sens de l'extension du spectre à la longueur totale du spectre n'est fonction que de cet intervalle $\Delta\lambda$ et du genre de dispersion employé, et l'on peut dire en définitive que, pour une définition spectrale donnée, la clarté varie proportionnellement à la longueur du spectre (longueur apparente ou réelle, suivant qu'on l'observe avec ou sans amplification) [1].

---

[1] Il y a toujours un grand intérêt, pour augmenter la clarté, à simplifier le système optique; on diminue ainsi les pertes par absorption et surtout par réflexion.

L'observation peut se faire, soit en plaçant l'œil contre un oculaire qui vise la fente conjuguée de la fente collimatrice, soit en prenant cette fente comme pupille oculaire et regardant le champ de l'instrument dispersif.

Dans le premier cas la séparation du champ en plages contiguës s'obtient avec le prisme de comparaison du spectroscope, ou, plus finement, en projetant sur la fente collimatrice l'arête de séparation d'un champ photométrique du genre de ceux dont nous parlons plus loin.

Pour le second mode d'observation on peut effectuer la séparation des éclairements à l'intérieur même de l'instrument par divers dispositifs; mais on peut aussi, plus simplement, séparer les champs d'éclairement *antérieurement* à la fente collimatrice sur un écran photométrique quelconque qu'il est toujours possible de rendre visible à travers le système optique du spectroscope.

Par exemple, un parallélépipède de verre dont la largeur est double de l'épaisseur sera tronqué d'un côté par une face à 45°; il pourra transmettre alors un éclairement le traversant directement dans la partie formant lame à faces parallèles et un éclairement latéral qui viendra se juxtaposer au premier après réflexion sur la face à 45°; une lentille placée à la sortie de cette lame formera l'image des sources sur la fente collimatrice, et, sur cette fente, on disposera une nouvelle lentille dont on choisira la longueur focale pour amener à distance convenable de vision à travers le spectroscope l'image du champ photométrique extérieur.

On peut agencer ainsi des dispositifs photométriques variés, extérieurs au spectroscope, mais pouvant toujours être visés en teinte uniforme à travers l'instrument.

J'ai réalisé, avec la collaboration de M. Jobin, un instrument simple et précis. Un double prisme à 45° juxtapose sur un verre dépoli formant champ diffusant les éclairements des deux sources à comparer placées latéralement. Au delà du champ diffusant se présentent successivement une fente collimatrice, puis un objectif, et un prisme dispersif, analogne au prisme quintuple à vision directe, mais disposé pour ramener les rayons dispersés par-dessus les organes précédents. Le spectre vient se former à 50^{cm} de distance du prisme, et l'on observe le champ par une fente oculaire portée sur un chariot coulissant devant une graduation en longueurs d'onde.

L'instrument ne comporte pas de dispositif de gradation de lumière : il est en effet essentiellement destiné à remplacer sur le banc photométrique une tête usuelle. La clarté du champ est suffisante pour assurer normalement la comparaison entre des sources dont l'intensité est de l'ordre de la carcel, séparées l'une de l'autre par une distance de 3^{m}.

PHYSIQUE. — *De l'influence des matières etrangères au métal, sur la thermo-électricité et la résistivité de l'aluminium.* Note de M. **H. Pécheux**, présentée par M. J. Violle.

Les matières étrangères qu'on rencontre dans les échantillons d'aluminium du commerce, et qui proviennent des minerais ou ont été introduites pendant le traitement métallurgique, sont le fer, le carbone et le silicium.

Comme je l'ai fait antérieurement pour le nickel marchand (*Comptes rendus*, 7 octobre 1907), j'ai étudié l'influence de ces substances sur la thermo-électricité et la résistivité du métal.

1° *Thermo-électricité.* — J'ai réalisé un couple aluminium-cuivre, avec chacun des trois échantillons dont je disposais et dont l'analyse m'a fourni la composition suivante :

Désignation de l'échantillon.	Fer.	Silicium.	Carbone.
	pour 100.	pour 100.	
Al (Ch)...........	0,07	0,06	Traces
Al (F. N).........	0,12	Traces	Faibles traces
Al (P)............	0,25	0,12	Traces

J'ai porté la soudure chaude de chaque couple dans des bains à températures fixes connues; je l'ai chauffée ensuite, au four Mermet, à diverses températures échelonnées de 40° en 40°, et repérées avec un pyromètre nickel-cuivre soigneusement étalonné (*Comptes rendus*, septembre 1906). Les forces électromotrices ont été mesurées par la méthode des déviations au galvanomètre Deprez-d'Arsonval. Des résultats obtenus on peut déduire que : « Les forces électromotrices thermo-électriques des couples aluminium-cuivre sont très rapprochées, mais la présence du fer les relève. Les forces électromotrices du couple Al(F. N.)-Cu sont à peine supérieures à celles du couple Al(Ch)-Cu, quoique l'Al(F. N.) soit plus riche en fer; ce qui semble montrer que le silicium agit de concert avec le fer, pour relever les forces électromotrices de ces couples ». Notons que le silicium produit des effets semblables dans le fer et les aciers (G. Belloc).

L'allure des courbes relevées pour ces trois couples est très sensiblement parabolique : les erreurs obtenues entre les chiffres relevés expérimentalement et ceux fournis par les paraboles que j'ai calculées sont de l'ordre de grandeur des erreurs de lecture sur la règle des galvanomètres.

J'ai trouvé, pour les pouvoirs électro-électriques des couples en question, de 0° au point de fusion de l'aluminium (650° à 655°), les formules sui-

vantes :

Al (Ch)	$\frac{dE}{dt} = (0,0058\,t + 3,56)$ microvolts;
Al (F. N.)	$\frac{dE}{dt} = (0,0060\,t + 3,60)$ »
Al (P)	$\frac{dE}{dt} = (0,0078\,t + 3,34)$ »

C'est à partir de 400° C. que les trois courbes se séparent nettement; avant cette limite, les différences relevées sont très faibles. Les résultats précédents se rapportent à des aluminiums recuits.

2° *Résistivité.* — J'ai mesuré entre 0° et 370° les résistances des trois échantillons convenablement recuits et contournés en spirales qu'on chauffait dans un bain de paraffine; les températures étaient fournies par un pyromètre nickel-cuivre, dont la soudure chaude se trouvait au centre des spirales d'aluminium; les mesures étaient faites au pont à corde de Wheatstone.

Les résistivités, en microhms, de mes trois échantillons d'aluminium peuvent être représentées par les formules suivantes :

Al (Ch)	$\rho_t = 2,72(1 + 0,0042\,t + 0,000\,004\,t^2)$;	$\rho_0 = \overset{\mu\omega}{2,72}$
Al (F. N)	$\rho_t = 2,75(1 + 0,0040\,t + 0,000\,004\,t^2)$;	$\rho_0 = 2,75$
Al (P)	$\rho_t = 2,80(1 + 0,0046\,t + 0,000\,004\,t^2)$;	$\rho_0 = 2,80$

De la comparaison de ces résultats il est facile de conclure que « la présence du fer et du silicium relève la résistivité de l'aluminium, et que le coefficient de température principal est d'autant plus élevé que la teneur en impuretés, de l'aluminium, est plus élevée elle-même ».

Remarque. — Il apparaît clairement, d'après l'étude électrique des aluminiums, que la thermo-électricité et la résistivité constituent une méthode sûre pour apprécier la pureté du métal.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur le coefficient de diffusion de l'émanation d'actinium.* Note de M. **G. Bruhat**, présentée par M. E. Bouty.

La détermination des coefficients de diffusion des émanations radioactives permet, par leur comparaison avec ceux des gaz de poids moléculaires connus, d'obtenir une indication sur le poids moléculaire de ces émanations. Pour que le calcul de ces poids moléculaires soit valable, il faut évidemment

que les émanations suivent les lois générales de la diffusion des gaz. Les expériences de mesure, étant faites avec des concentrations très variables dans une même expérience, montrent qu'il y a bien un coefficient de diffusion indépendant de la concentration. J'ai cherché avec l'émanation d'actinium comment il variait quand on fait varier la nature et la pression du gaz au sein duquel a lieu la diffusion.

Les coefficients de diffusion ont été mesurés par la méthode et l'appareil même employés par M. Debierne pour la détermination du coefficient de diffusion de l'émanation d'actinium dans les conditions ordinaires (¹). Une couche d'un composé d'actinium étant placée au fond d'une boîte, on laisse s'établir dans la boîte un régime permanent de diffusion ; on détermine la distribution de l'émanation dans ce régime permanent entre deux lames parallèles placées dans la boîte, en mesurant l'activité induite aux divers points d'une de ces lames ; si les lames sont suffisamment longues, la distribution varie suivant une loi exponentielle simple d'où l'on déduit facilement la valeur du coefficient de diffusion. J'ai simplement apporté à l'appareil de M. Debierne quelques modifications destinées à rendre sa fermeture étanche, et je l'ai remplacé par un autre semblable, mais plus grand, pour les plus faibles pressions.

J'ai fait une série de mesures du coefficient de diffusion de l'émanation d'actinium dans l'air, où la pression a varié entre la pression atmosphérique et une pression de 9^{mm} de mercure, et j'ai cherché à voir s'il variait en raison inverse de la pression, comme pour les gaz ; comme la température des expériences a varié entre 11° et 16°, ce qui peut entraîner une variation notable du coefficient de diffusion ($\frac{1}{30}$ dans le cas des gaz), j'ai fait une correction relative à la température en supposant le coefficient de diffusion proportionnel au carré de la température absolue : le produit $\frac{pD}{T^2}$ doit alors être constant. Voici les résultats obtenus :

Pression en millimètres de mercure.	Température en degrés centigrades.	Coefficient de diffusion.	Produit $\frac{pD}{T^2}$.
760	15	0,112	10,2
367	15	0,245	10,3
362	12	0,224	10
287	11,5	0,330	11,6
235	14	0,343	9,9
209	13,5	0,404	10,2

(¹) A. Debierne, *Sur le coefficient de diffusion dans l'air de l'émanation d'actinium* (*Le Radium*, 1907, p. 213).

Pression en millimètres de mercure.	Température en degrés centigrades.	Coefficient de diffusion.	Produit $\frac{pD}{T^2}$.
134	13,2	0,61	9,9
127	16,3	0,55	10,5
97	14,8	0,93	10,8
71,5	16,1	1,165	10
52	15	1,62	10
36	16	2,29	10
25	13	3,65	11
9	12,3	9,1	10

L'examen des courbes qui donnent le coefficient de diffusion montre qu'il est déterminé avec une approximation d'environ $\frac{1}{100}$; la pression est mesurée avec une précision de $\frac{1}{100}$. La moyenne des valeurs obtenues par le produit $\frac{pD}{T^2}$ est 10,1; les écarts observés sont inférieurs aux erreurs d'expérience, sauf deux ou trois, et ces écarts n'ont rien de systématique. Ils doivent sans doute venir de ce que les conditions de la diffusion n'étaient pas suffisamment bien définies. J'ai remarqué notamment qu'aux basses pressions la présence d'humidité dans l'appareil modifiait considérablement le coefficient de diffusion : les chiffres donnés se rapportent seulement à des expériences où j'avais pris soin de dessécher l'intérieur de l'appareil en y plaçant un tube à anhydride phosphorique; la faible quantité d'humidité restante suffit peut-être à expliquer les écarts observés. Ces expériences semblent donc bien vérifier la loi de proportionnalité du coefficient de diffusion à l'inverse de la pression.

J'ai admis pour faire la correction de température que le coefficient de diffusion était proportionnel au carré de la température absolue. Pour voir si cette hypothèse était légitime, j'ai fait deux expériences à 0° en plongeant l'appareil dans la glace pendant le temps d'établissement du régime; voici leurs résultats :

Pression.	Coefficient de diffusion.	$\frac{pD}{T^2}$.
765mm	0,095	9,8
764mm	0,096	9,9

Le produit $\frac{pD}{T^2}$ ne diffère pas des produits relatifs à la température ordinaire d'une quantité supérieure aux erreurs d'expérience.

Il est donc légitime de faire la correction comme je l'ai faite.

Enfin, j'ai mesuré le coefficient de diffusion dans le gaz carbonique et l'hydrogène, dans des conditions voisines des conditions normales de température et de pression.

Pour l'hydrogène, il s'est présenté une difficulté venant de ce que la courbe d'activité induite ne peut pas être représentée dès le début par une exponentielle simple; cette particularité doit être rapprochée de celles observées par M. Debierne pour la courbe d'activité induite de l'émanation d'actinium entraînée par un courant gazeux,

et peut sans doute s'expliquer comme elles par l'existence de deux émanations successives. J'ai pris alors, pour mesurer le coefficient de diffusion, la courbe exponentielle simple avec laquelle on peut confondre la courbe d'activité induite loin de la substance active; il résulte des expériences de M. Debierne qu'on obtiendrait cette même courbe sans singularité au début par la mesure du pouvoir ionisant. Voici les nombres trouvés comme moyenne d'une série de mesures pour les coefficients de diffusion à la température de 0° et sous la pression de 760^{mm} :

1° Dans le gaz carbonique........... $D_{CO^2} = 0,077$
2° Dans l'hydrogène................. $D_H = 0,412$

Pour calculer le poids moléculaire de l'émanation, il faut prendre le rapport de son coefficient de diffusion à celui d'un autre gaz dans les mêmes conditions. Le coefficient de diffusion de l'émanation étant inversement proportionnel à la pression, ce rapport sera indépendant des conditions de pression; il sera le même si la diffusion a lieu dans le gaz carbonique ou dans l'hydrogène, comme le montre le Tableau suivant du rapport des coefficients de diffusion d'un même gaz dans deux gaz différents :

Éther.....................	$\frac{D_{CO^2}}{D_{air}} = 0,71$	$\frac{D_H}{D_{air}} = 3,8$
Alcool.....................	0,67	3,7
Eau.......................	0,67	3,5
Gaz carbonique............	»	3,8
Émanation de l'actinium..	**0,68**	3,7

Nous serons donc toujours conduits au même poids moléculaire, 70 environ, quelles que soient les conditions de diffusion; les hypothèses faites pour calculer ce poids moléculaire sont donc sans doute légitimes et nous pouvons considérer la valeur obtenue comme fixant au moins un ordre de grandeur.

Ce travail a été fait au courant de l'année 1908; au moment où j'allais publier cette Note a paru, dans le *Philosophical Magazine* de mars 1909, un travail de M. Russ, qui a trouvé les mêmes résultats. Une description plus détaillée de mes expériences paraîtra ailleurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations sur la cristallisation spontanée.* Note de M. **René Marcelin**, présentée par M. Lippmann.

Lorsqu'on abaisse suffisamment la température d'un liquide surfondu, il se forme *spontanément* en différents points du liquide un certain nombre de centres de cristallisation.

Le pouvoir spontané de cristallisation se définit par le nombre de germes qui se forment par unité de temps dans l'unité de volume (Tamman).

Le principe de la symétrie oblige à considérer la cristallisation spontanée soit comme une conséquence à grand retentissement d'un événement moléculaire (par exemple : rencontre de plusieurs molécules ayant accidentellement une orientation déterminée), soit comme le résultat d'une anisotropie préexistant dans le liquide surfondu.

Un grand nombre d'expériences sur l'acétate de plomb m'ont montré :

1° *Que, toutes choses égales d'ailleurs, le pouvoir de cristallisation spontanée diminue avec le temps total pendant lequel la matière a été maintenue à l'état liquide, mais est indépendant du nombre de cristallisations qui fractionnent ce temps total de fusion;*

2° *Que, toutes choses égales d'ailleurs, le pouvoir de cristallisation spontanée diminue lorsque la température à laquelle le liquide a été maintenu augmente.*

Bien entendu, ces résultats ne peuvent se déduire de l'étude d'un seul échantillon : ils ont une valeur statistique.

On peut faire rentrer dans les énoncés précédents diverses observations faites par Schaum (benzophénone), Jaffé (solutions de AzO^3K, ClO^3Na, KCl, $NaCl$) Tamman (bétol et pipérine), de Coppet (salol).

Les résultats précédents s'interprètent mal dans l'hypothèse cinétique. D'autre part, on ne peut expliquer tous les cas de cristallisation spontanée par l'intervention de petits cristaux préexistants à la cristallisation.

1° On a observé la cristallisation de nombreuses substances préparées chimiquement et n'existant pas dans la nature.

2° La cristallisation spontanée a très souvent lieu sous une forme cristalline extrêmement instable dans les conditions où l'on opère.

3° Dans l'hypothèse de germes cristallins préexistants, le nombre des centres devrait dépendre du nombre de cristallisations qui fractionnent le temps de fusion.

L'hypothèse de poussières en suspension se coagulant ou se dissolvant pendant la fusion et sur lesquelles se formeraient les germes donne une bonne interprétation des phénomènes observés :

1° Il existe, en effet, une analogie profonde entre la condensation des vapeurs et la cristallisation; un rapprochement avec les expériences de Wilson se présente dès lors à l'esprit.

2° *Soit à l'œil nu, soit au microscope, j'ai pu, dans certains cas, observer des poussières au centre de cristallisation.*

3° J'ai trouvé que *la filtration diminue le nombre des germes.* Cette diminution est d'un tiers environ dans le cas de l'acétate de plomb. Jaffé a trouvé des résultats analogues pour des solutions de SO^4Na^2 et de AzO^3K.

4° J'ai observé enfin que l'*adjonction volontaire de poussières augmente le nombre des germes.*

La nature de l'impureté solide introduite a une grande influence. L'étude de dissolutions d'azotate de potassium m'a montré que la poudre d'oxyde de zinc, la poudre de bioxyde de manganèse et surtout la mousse de platine gênent beaucoup la sursaturation, et que, par contre, le mercure, le platine en masse, le charbon de bois ont une influence assez peu marquée. Ainsi, il semble bien que *la matière à l'état pulvérulent (grande surface et courbure notable) est plus active que prise en masse.*

La cristallisation se faisant à la surface de contact du liquide et de l'impureté, il resterait à chercher par des études systématiques l'influence du rayon de courbure.

Si nous remarquons que les cristaux possèdent une tension capillaire (Ostwald), nous sommes conduits à considérer le phénomène de la cristallisation spontanée comme très voisin de celui de la condensation des vapeurs; les poussières ténues produisent une véritable catalyse physique dont vraisemblablement le mécanisme trouve son explication dans la théorie de la capillarité.

Au surplus, on peut établir que les poussières de tension superficielle nulle sont sans effet. Dans une dissolution d'azotate de potassium, les particules de gomme-gutte évoluent sans se coaguler; elles ont donc une constante capillaire faible dans ce milieu (J. Perrin). L'expérience montre qu'elles sont sans action sur AzO^3K.

Au contraire, l'argent colloïdal, qui se coagule, gêne la sursaturation; son action catalytique, faible d'ailleurs, diminue avec le temps et simultanément avec l'évolution du coagulum.

CHIMIE MINÉRALE. — *De la nature des métatungstates et de l'existence du pouvoir rotatoire dans les cristaux du métatungstate de potassium.* Note de M. **H. Copaux**, présentée par M. Haller.

Quand on traite les tungstates alcalins ordinaires $TuO^3.M^2O + aq.$ par un acide quelconque à l'ébullition, on les transforme en métatungstates, sels qui, depuis Laurent, Scheibler et Marignac, ont reçu pour symbole

$$(4TuO^3)M^2O + aq.$$

A mon avis, cette formule donne une idée très incomplète de la vraie

nature des métatungstates et n'exprime rien de plus que leur composition centésimale.

La suite de mes recherches sur les borotungstates (¹) m'a, en effet, montré la ressemblance qui existe entre boro- et métatungstates, et j'ai trouvé, dans des relations d'isomorphisme entre les deux séries, un moyen de les comparer exactement l'une à l'autre et de donner aux métatungstates une formule plus rationnelle, qui est la suivante :

$$(3H^2O.24TuO^3)6M^2O + aq.$$

Cette formule signifie que je considère les métatungstates comme des tungstates complexes, où l'eau est unie à l'acide tungstique en un radical acide et joue le même rôle que B^2O^3, Si^2O^4 et P^2O^5 dans les boro-, les silico- et les phosphotungstates.

A. En effet, le borotungstate et le métatungstate de baryum sont complètement isomorphes entre eux.

Or, le premier doit s'écrire, d'après mes analyses,

(1) $$B^2O^3.24TuO^3.5BaO + 54H^2O.$$

Le second a pour formule ordinaire [2]

(2) $$(4TuO^3)BaO + 9,5H^2O.$$

Si l'on s'en tient à l'ancienne manière de formuler le métatungstate de baryum, l'isomorphisme des deux sels est incompréhensible; il devient rationnel, au contraire, si l'on transforme la formule (2), en la multipliant par le nombre 6 :

(3) $$\begin{cases} 6(4TuO^3.BaO + 9,5H^2O) = 24TuO^3.6BaO + 57H^2O \\ \qquad = 3(H^2O.24TuO^3)6BaO + 54H^2O. \end{cases}$$

On m'objectera, sans doute, que les formules (1) et (3) ne sont pas complètement parallèles, que l'une renfermant 5BaO et l'autre 6BaO, elles ne conviennent pas à des corps isomorphes, mais voici qui va répondre à cette objection.

J'ai cherché d'autres cas d'isomorphisme entre métatungstates et tungstates complexes et j'en ai trouvé un, un seul, mais singulièrement probant.

Quand on fait cristalliser du métatungstate de potassium à basse température, on obtient un octohydrate, en gros octaèdres quadratiques,

$$(4TuO^3)K^2O + 8H^2O.$$

(¹) H. Copaux, *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 973.

(²) Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. XV, 1892, p. 63.

Mais il existe un autre hydrate, qui n'a jamais été décrit, bien qu'il se forme très facilement, dès que la température s'élève tant soit peu.

Celui-là cristallise en prismes hexagonaux, qui perdent très vite à l'air une partie de leur eau, sans changer sensiblement d'aspect, et qui donnent à l'analyse des résultats un peu variables, mais très voisins pourtant de la formule

$$(4TuO^3)K^2O + 6,5H^2O.$$

Or, ce nouvel hydrate est complètement isomorphe avec le borotungstate et avec le silicotungstate de potassium; il n'en a pas seulement la forme et les angles, il en a aussi les propriétés et même les particularités optiques. Il est doué comme eux du *pouvoir rotatoire* et, comme eux, cristallise en individus qui sont *tous dextrogyres*.

Quel argument pourrait démontrer, mieux que celui-là, l'identité de nature des métatungstates et des tungstates complexes?

Transformons donc la formule de ce métatungstate, comme nous l'avons fait pour le sel de baryum, et nous aurons

$$6(4TuO^3.K^2O + 6,5H^2O) = 24TuO^3.6K^2O + 39H^2O$$
$$= 3H^2O.24TuO^3.6K^2O + 36H^2O.$$

Ainsi, voilà trois sels, méta-, boro- et silicotungstate de potassium, qui sont complètement isomorphes et qui sont loin pourtant d'avoir même formule essentielle :

Métatungstate	$3H^2O.24TuO^3.6K^2O + 36H^2O$
Borotungstate	$B^2O^3.24TuO^3.5K^2O + 36H^2O$
Silicotungstate	$Si^2O^4.24TuO^3.4K^2O + 36H^2O$

C'est la confirmation du rapprochement que j'ai fait plus haut entre les formules du borotungstate et du métatungstate de baryum.

B. D'ailleurs, les métatungstates ont certaines qualités générales qui leur sont communes avec tous les tungstates complexes, et dont l'existence vient à l'appui de ce qui précède :

1° Ils dérivent d'un acide soluble, très instable, il est vrai, en solution concentrée, mais susceptible néanmoins de cristalliser.

2° Ils sont en général très solubles eux-mêmes, donnent des solutions saturées très denses et cristallisent souvent en cristaux magnifiques, qui ont, depuis longtemps, attiré l'attention sur eux.

3° Traités, en solution concentrée, par un excès d'acide sulfurique et d'éther, ils abandonnent leur acide à l'état d'une solution éthérée, dense et huileuse, qui se sépare du reste du liquide.

4° Ils fixent volontiers des molécules de nitrates, en donnant des combinaisons singulières, telles que $(4TuO^3)(NH^4)^2O + NO^3NH^4 + 2H^2O$, analogue à

$$3(SiO^2.12TuO^3.2Na^2O) + 4NO^3Na + 45H^2O.$$

5° Enfin, ils précipitent les alcaloïdes avec une grande sensibilité.

Toutes ces raisons, qualitatives ou quantitatives, donnent à la formule que je propose pour les métatungstates un très haut degré de probabilité.

Enfin, cette nouvelle manière de voir se justifie encore par l'ordre qu'elle introduit dans les symboles des tungstates complexes. Jointe à l'étude que j'ai faite sur les borotungstates, elle me permet de constituer une série continue, en $24TuO^3$, où la stabilité augmente à mesure que la basicité diminue :

Métatungstates.......	$3H^2O.24TuO^3.6M^2O + aq.$
Borotungstates.......	$B^2O^3.24TuO^3.5M^2O + aq.$
Silicotungstates.......	$Si^2O^4.24TuO^3.4M^2O + aq.$
Phosphotungstates.....	$P^2O^5.24TuO^3.3M^2O + aq.$

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les phosphures d'étain.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Un grand nombre de combinaisons du phosphore et de l'étain ont été signalées par différents auteurs. Les formules données pour ces composés sont :

Sn^5P^2 (1),	Sn^2P (2),	Sn^3P^2 (3),
SnP (4),	SnP^2 (5),	SnP^3 (6).

J'ai repris l'étude des combinaisons directes de l'étain et du phosphore, en m'attachant surtout à voir quelles sont les formules exactes des composés définis.

Sous la pression ordinaire, il n'est pas possible, comme Pelletier (7) l'avait déjà montré, de dépasser une teneur de 13 pour 100 de phosphore dans l'étain, et encore ne faut-il pas prolonger l'action de la chaleur, une fois la combinaison effectuée, sinon le culot ainsi formé perd progressivement son phosphore.

En préparant des surfaces polies sur des échantillons de teneurs croissantes, depuis 1 pour 100 jusqu'à 13 pour 100, on observe au microscope de grandes aiguilles

(1) Natanson et Vortman, *J. B.*, 1877, p. 277.
(2) Ragg, *Oesten. Chem. Ztg.*, t. I, p. 94.
(3) Stead, *J. Soc. chem. Ind.*, t. XVI, p. 206.
(4) Schröter, *Ber. Wien. Akademie*, 1849, p. 301. — Emmerling, *Ber.*, t. XII, p. 155. — Natanson et Vortman, *loc. cit.*
(5) Emmerling, *loc. cit.*
(6) H. Rose, *Ann. Ph. Chem. Pogg.*, t. XXIV, 1832, p. 159.
(7) Pelletier, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. I, 1789, p. 105.

plus dures que l'étain, longues de plusieurs centimètres. Elles sont cristallisées au milieu d'une solution solide d'étain et de phosphure. J'ai pu isoler ces cristaux de la manière suivante : en mettant au pôle positif d'une pile un culot à environ 8 pour 100 de phosphore plongé dans un bain de polysulfure de sodium et en faisant passer le courant, l'étain se dissout à l'état de sulfostannate et des paillettes cristallines ayant l'éclat de l'argent tombent au fond du vase.

On lave ces cristaux avec de la soude étendue, puis de l'eau distillée et l'on sèche dans le vide.

Leur analyse a été faite par fusion avec un mélange de carbonate alcalin et de soufre; l'étain a été pesé à l'état d'oxyde et le phosphore de pyrophosphate de magnésie.

				Théorie pour Sn^4P^3.
P	15,91	15,90	16,23	16,3
Sn..................	84,03	84,21	»	83,7

Stead (*loc. cit.*) avait décrit un composé ayant pour formule Sn^3P^2, dont la composition théorique est voisine, contenant 14,8 pour 100 de phosphore.

Afin de vérifier que ce n'était pas là un composé défini, j'ai chauffé en tube scellé 20g d'étain avec 14,8 pour 100 du poids total de phosphore.

Il m'a été facile de constater dans le culot ainsi formé la présence de l'étain libre, aisément attaquable par l'acide azotique étendu.

J'ai également préparé un culot avec 16,5 pour 100 de phosphore. Il était absolument homogène.

Pour contrôler de nouveau la formule, une analyse de ce culot a été faite et a donné 15,93 pour 100 de phosphore. Dans le précipité de sulfure d'étain, j'ai trouvé, au moyen du molybdate, des traces de phosphore retenu; comme de plus le phosphate ammoniaco-magnésien est légèrement soluble, ce résultat est approché par défaut. La formule qu'il convient d'adopter est donc Sn^4P^3.

Ce corps est blanc d'argent, cristallin, en paillettes très fines; sa densité à 0° est 5,18. Il commence à se dissocier à 480°. L'acide azotique l'oxyde à chaud. L'acide chlorhydrique l'attaque en donnant un mélange des hydrures de phosphore et d'hydrogène. La potasse le dissout à chaud avec dégagement de PH^3.

Afin de pouvoir dépasser la teneur de 13 pour 100 de phosphore, il fallait opérer sous pression; à cet effet, j'ai introduit dans des tubes en verre d'Iéna de l'étain pur et du phosphore rouge que j'ai distillé dans le vide, dans le tube lui-même.

Ce dernier a été scellé de part et d'autre du mélange de phosphore et d'étain et chauffé dans un four électrique à résistance jusqu'à 620° pendant 10 heures.

J'ai obtenu par ce procédé des culots fondus titrant jusqu'à 40 pour 100 de phosphore.

Un alliage à 20 pour 100 de phosphore contenait le phosphure signalé plus haut, reconnaissable à son action sur l'acide chlorhydrique et à ses plans de clivage très caractéristiques.

Cette teneur correspondant à SnP, on pouvait affirmer, puisque la surface polie était loin d'être homogène, la non-existence de ce composé. En augmentant la teneur en phosphore, je pus constater métallographiquement que l'aire occupée sur une surface polie par le composé inattaquable par l'acide chlorhydrique augmentait et qu'à 40 pour 100 de phosphore la surface était sensiblement homogène.

Il existait donc un phosphure supérieur à Sn^4P^3 et un seul. Je l'ai isolé par l'action alternée de l'acide chlorhydrique dans lequel il est insoluble, de la soude étendue et chaude, et finalement de l'acide nitrique de densité 1,2 étendu de son volume d'eau, à 50°, qui ne l'attaque que très lentement.

L'analyse lui assigne comme formule SnP^3 :

			Théorie.
Sn	55,4 [1]	56,1	56,2
P	45,1	44,4	43,8

Ce corps est cristallin, à aspect métallique; sa couleur est celle du silicium; sa densité est 4,10 à 0°. Il commence à se dissocier à 415° en phosphore et en phosphure Sn^4P^3. L'acide azotique fumant l'oxyde avec incandescence. En frottant sur une meule un culot fondu de SnP^3, on obtient une gerbe de flammes, ce qui met en évidence sa facile oxydabilité.

En résumé, j'ai préparé Sn^4P^3 pur et cristallisé, j'ai montré qu'il n'y avait pas lieu de considérer les composés Sn^5P^2, Sn^2P, Sn^3P^2, SnP, SnP^2, comme des composés définis; j'ai obtenu par un nouveau procédé le phosphure SnP^3 que Rose avait signalé (*loc. cit.*) et dont Mahn [2] avait contesté l'existence.

---

[1] Cet échantillon contenait de petites particules de phosphore rouge condensé sur le phosphure pendant son refroidissement.

[2] Mahn, *Jahresber.*, t. CCXXXVI, 1869.

CHIMIE. — *Expériences sur un verre à vitre de fabrication ancienne, devenu violet sous l'influence de rayons solaires.* Note de M. **Delachanal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente, j'ai communiqué à l'Académie des Sciences les résultats des expériences faites au Laboratoire de J.-B. Dumas pour rechercher quels sont les gaz occlus contenus dans les métaux usuels, et j'ai fait connaître les dispositions de l'appareil employé; il me reste encore à décrire les expériences faites, dans les mêmes conditions, en soumettant dans le vide un verre à vitre, d'origine assez ancienne, à l'influence d'une température suffisante pour l'amener à l'état de fusion complète.

Ce verre avait attiré l'attention de J.-B. Dumas à cause de la coloration violette assez intense qu'il avait prise sous l'influence des rayons solaires.

Le poids de verre employé a été de 100^g seulement dans chaque expérience pour une cornue d'un volume approximatif de 500^{cm^3}, parce que, au début de la chauffe, alors que la matière employée est encore pâteuse, le dégagement des gaz dans le vide produit un boursouflement tellement important que le col de la cornue peut s'obstruer.

Ce poids de matière est d'ailleurs suffisant pour obtenir des résultats très nets, et l'on a pu ainsi constater que les verres retiennent indécomposée dans leur masse une proportion importante des substances qui ont servi à les produire.

Dans une première expérience on a obtenu, pour 100^g de verre, $71^{cm^3},3$ de gaz contenant :

$68^{cm^3},2$ de gaz absorbable par la potasse;

$3^{cm^3},1$ d'oxygène contenant un peu d'azote.

Il s'est formé en outre, dans le col de la cornue, par sublimation, une série de dépôts assez nettement séparés.

1° Dans la partie la plus voisine du foyer, des chlorures et des sulfates alcalins se sont déposés, agglomérés par un commencement de fusion.

2° A la suite, les mêmes sels ont donné lieu à un dépôt neigeux de cristaux microscopiques.

3° L'extrémité presque froide du col de la cornue contenait de l'acide arsénieux cristallisé seulement dans le voisinage du dépôt neigeux de sels alcalins.

La température à laquelle le verre a été soumis a été aussi élevée que possible et très voisine de celle du ramollissement de la porcelaine.

L'analyse qualitative des dépôts formés dans le col de la cornue a été faite au moyen des produits obtenus dans cette première expérience; on a donc dû en faire une seconde dans les mêmes conditions, afin de préciser davantage les résultats obtenus et donner les poids des sels déposés.

Dans la seconde expérience, le volume des gaz dégagés est très voisin de celui obtenu en premier lieu. On a eu :

	cm³
Gaz absorbable par la potasse	71,06
Oxygène	2,88
Azote	0,86
Total	74,80

Du col de la cornue on a pu détacher 1g,100 de sels alcalins, le reste a été enlevé par lavage à l'eau distillée. L'analyse de la solution qui contenait seulement des chlorures et des sulfates alcalins a été faite et l'acide arsénieux, après avoir été dissous dans une lessive étendue de potasse, a été dosé au moyen d'une solution titrée d'iode dans l'iodure de potassium.

Le Tableau suivant donne le poids des substances déposées :

	g
$NaCl$	1,1300
Na^2SO^4	0,0128
K^2SO^4	0,0919
As^2O^3	0,0446
Total	1,2793

On voit, d'après ce Tableau, que le verre doit rarement être un silicate pur, et dans cet exemple il contenait 1,13 pour 100 de chlorure de sodium qui aurait certainement échappé si l'on avait fait l'analyse par les procédés ordinaires.

La présence de l'acide arsénieux dans le verre a été signalée dernièrement ; elle a son importance, car on dose aujourd'hui des quantités si faibles de cette substance que les vases employés peuvent être cause de grosses erreurs.

Nous devons encore ajouter à ce sujet que nous avions expérimenté plusieurs autres verres fusibles avant d'essayer le verre devenu violet.

Ces expériences ayant été faites à des températures moins élevées, la volatilisation des sels alcalins a été assez faible et n'a pas attiré l'attention. Mais la présence de l'acide arsénieux a toujours pu être constatée facilement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode nouvelle pour déterminer la constitution des sucres.* Note de M. **Hanriot**, présentée par M. A. Gautier.

Dans une Note précédente j'ai établi que les chloraloses des divers sucres donnaient par oxydation un acide chloralique $C^7H^7Cl^3O^6$ (sauf le mannose

qui donne une lactone $C^8H^9Cl^3O^7$) et que les acides dérivés du β-glucochloral et du xylochloral étaient identiques, de même que ceux qui correspondent aux β-galacto et β-arabinochloraloses.

Or, si l'on se demande à quoi peut être due l'isomérie d'un acide chloralose en C^7, nous voyons, d'après la formule déjà donnée et que je reproduis,

```
            CCl³
             |
             CH
            /  \
           /    \
          O      C.OH — CO²H
          |      |
     OH.CH       CH
          \     /  \
           \   /    \
            CH ———— O
```

que deux des 7^{at} de carbone proviennent du chloral, et que les cinq autres atomes seuls dérivent du glucose et ont conservé les positions stéréochimiques qu'ils possédaient dans celui-ci. Or, sur ces 5^{at}, l'un est à l'état de carboxyle CO^2H, non susceptible d'isomérie; un autre (celui du groupe CH^2OH) provient du groupement aldéhydique du glucose, non susceptible d'isomérie dans le glucose, mais transformé dans le chloralose en CH.OH et pouvant présenter deux modifications stéréochimiques; ce sont ces deux modifications qui représentent les deux chloraloses isomères α et β qui se forment à partir de chaque sucre.

Il ne reste donc que 3^{at} de carbone auxquels puisse être due l'isomérie des acides chloraliques; ce sont les 3^{at} qui, dans le sucre, sont voisins du groupement aldéhydique

```
CH:O          CH:O
|             |
CH.OH         CH.OH
|             |
CH.OH         CH.OH
|             |
CH.OH         CH.OH
|             |
CH².OH        CH.OH
              |
              CH².OH
```

Pentose. Hexose.

Or, si nous nous reportons aux formules que E. Fischer a données pour

les divers sucres, nous voyons qu'ils peuvent être rangés en quatre groupes :

I.	II.	III.	IV.
CH:O	CH:O	CH:O	CH:O
|	|	|	|
HCOH	HCOH	HCOH	HCOH
|	|	|	|
OHCH	OHCH	HCOH	HCOH
|	|	|	|
HCOH	OHCH	OHCH	HCOH
|	|	|	|
R	R	R	R
Dextrose. Idose. Xylose.	Galactose. Arabinose.	Mannose. Gulose. Lyxose.	Talose. Ribose.

formules où R représente un groupe $CH^2.OH$ dans les sucres en C^5 et $CH.OH — CH^2.OH$ dans ceux en C^6.

Comme l'isomérie des acides chloraliques des divers sucres tient aux 3at de carbone susindiqués, il s'ensuit que les trois sucres de chacun de ces groupes doivent donner des acides chloraliques identiques. C'est ce que j'ai vérifié pour les acides dextro- et xylochloraliques qui appartiennent au groupe I. Il en est de même pour les acides galacto- et arabinochloraliques qui ressortent l'un et l'autre du groupe II.

Par analogie, nous pouvons prévoir que l'α-xylochloral inconnu donnerait par oxydation un acide identique avec l'acide α-dextrochloralique, et que l'α-galactochloral, non encore isolé à l'état de pureté, donnerait un acide fusible à 315°, identique avec l'acide α-arabinochloralique.

Cette réaction nous fournit donc un moyen commode de déterminer la constitution partielle d'un sucre aldéhydique inconnu en C^5 ou en C^6. Il suffit de le combiner au chloral, ce qui se fait d'ordinaire aisément, et d'isoler le chloralose le moins soluble. Si l'on peut l'identifier avec un des chloraloses déjà connus, le sucre est déterminé, puisque à chaque sucre correspondent des chloraloses différents. S'il s'agit d'un sucre nouveau, on oxydera son chloralose et l'on isolera l'acide correspondant. Suivant qu'on retombera sur l'acide dextro-, galacto- ou mannochloralique, on conclura que le sucre essayé appartient au premier, au deuxième ou au troisième groupe. Si l'on obtenait un nouvel acide, ce serait celui correspondant au groupe IV, dont je n'ai pu jusqu'à ce jour me procurer aucun représentant.

Dans tous les cas, on a, par cette méthode, un moyen simple de déterminer la position stéréoisomérique de 3 des atomes de carbone. Le sucre

serait entièrement connu s'il s'agissait d'un sucre en C^5 et l'on ne pourrait hésiter qu'entre deux isomères s'il s'agissait d'un sucre en C^6.

Restent les sucres cétoniques. Je n'ai pu m'en procurer que deux : le lévulose et le sorbose. Le lévulose fournit un chloralose $C^8H^{11}Cl^3O^6$, fusible à 228°, qui possède deux groupes CH^2OH et devrait par oxydation fournir un acide bibasique

```
                  CCl³
                   |
                   CH
                  /  \
                 /    \
                O      C.OH — CO²H
                |      |
    CO²H — C.OH        CH
              \       /  \
               \     /    \
                 CH ——— O
```

On obtient en effet un acide cristallisé en longues aiguilles fusibles entre 200° et 210°, mais se décomposant à partir de 120°. Cet acide est très instable et perd de l'acide carbonique sous les influences les plus faibles.

Quant au sorbose, il m'a été jusqu'à présent impossible de le convertir en chloralose. Il s'ensuit que ces dérivés, si commodes pour caractériser les sucres aldéhydiques et établir leur constitution, ne semblent pouvoir rendre que de minimes services dans l'identification des sucres cétoniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la prépondérance de la température dans les décompositions directes : cas des éthers benzoïques et salicyliques.* Note de M. **Albert Colson**, présentée par M. Georges Lemoine.

I. J'ai montré (*Comptes rendus*, 1908, 2e sem., p. 1054) que certains éthers-sels, principalement les éthers benzoïques, chauffés en tubes scellés, résistent à la température de 290°, mais se décomposent nettement vers 300°, en vertu de l'équation

$$C^6H^5CO^2C^nH^{2n+1} = C^6H^5CO^2H + C^nH^{2n}.$$

J'ai voulu appliquer la même réaction au benzoate de méthyle pour obtenir le méthylène ou l'un de ses polymères.

Cet éther s'étant refusé à toute décomposition à 300°-310°, je l'ai chauffé à 350° pendant 7 heures, en tubes scellés. Je n'ai obtenu que du gaz carbo-

nique dont le volume ne dépassait pas celui de l'éther. La décomposition du benzoate de méthyle diffère donc absolument de celle de ses homologues.

II. J'ai ensuite étudié les éthers salicyliques.

A 300°, en tubes scellés, le salicylate d'éthyle dégage un mélange d'éthylène et de gaz carbonique. Ce dernier domine, et sa proportion paraît augmenter quand on chauffe à 320°. Elle est sensiblement alors dans la proportion de 3^{vol} CO^2 pour 2^{vol} éthylène. La formule

$$C^6H^4OHCO^2C^2H^5 = C^2H^4 + CO^2 + C^6H^5OH$$

indique qu'il doit se former du phénol. Effectivement, j'ai pu caractériser ce corps par sa transformation en acide picrique et en tribromophénol. Il se produit en outre des dérivés éthylés que j'ai séparés du salicylate d'éthyle inattaqué, mais que je n'ai pas caractérisés.

En répétant la même expérience sur le salicylate de méthyle, j'ai obtenu exclusivement et en abondance du gaz CO^2 et de l'anisol par migration du groupe CH^3 :

$$C^6H^4OHCO^2CH^3 = CO^2 + C^6H^5OCH^3.$$

L'anisol séparé par distillation est à peu près pur. Toutefois, avant rectification, il contient un peu de phénol, moins de 2 pour 100 d'après les dosages que j'ai effectués.

Je pourrais encore citer la décomposition du benzoate d'allyle, dont les gaz résultants, après action de la potasse et du brome, fournissent un carbure qui, par un froid de $-75°$, se sépare par liquéfaction de l'oxyde de carbone qui le souille.

III. Cette généralisation n'étant pas le but de cette Note, j'insiste principalement sur la décomposition du benzoate de méthyle. Elle montre que chaque corps a sa température et son mode de décomposition, qui ne peuvent toujours être prévus.

Quant aux homologues de ce benzoate, leur dédoublement est si net, il se fait à des températures si bien définies, que ces réactions organiques fournissent la meilleure preuve que la cause déterminante des réactions chimiques est la température de réaction, comme je l'enseigne depuis longtemps.

Cela est tellement vrai que, dans le cas des éthers benzoïques, ni la température ni la nature de la décomposition ne sont altérées par la présence de la chaux vive, car j'ai constaté qu'en présence de cette base et à une température de 325°, supérieure à celle qui détermine la décomposition du benzoate d'éthyle, ce composé fournit encore de l'éthylène comme s'il était pur. Cependant l'action classique des bases alcalino-terreuses sur les acides aromatiques et sur leurs dérivés consiste à leur enlever les éléments du gaz

carbonique. C'est ainsi qu'on transforme l'acide benzoïque en benzine, et c'est ainsi que Cahours a formé l'anéthol en chauffant à 235° le salicylate de méthyle avec de la baryte.

Si la température exerce réellement une action prépondérante sur la décomposition de ces éthers, ni la baryte ni la chaux ne déterminent la réaction de Cahours. La température seule, on l'a vu, donne le même résultat sur le salicylate pur à 300°; mais il n'est pas nécessaire d'atteindre 300°. J'ai constaté qu'à 240°, le salicylate d'éthyle fournit déjà son volume d'acide carbonique, et que le salicylate de méthyle abandonne des quantités de gaz carbonique suffisantes pour troubler l'eau de baryte.

Si donc il n'y a pas eu de surchauffe dans l'expérience de Cahours, la baryte a simplement activé la décomposition.

En cherchant à élucider cette question de surchauffe, j'ai trouvé les résultats les plus singuliers et les plus significatifs.

Après avoir chauffé vers 235° des tubes contenant d'une part des éthers salicyliques rectifiés et d'autre part les mêmes corps mélangés à de la chaux vive, j'ai vu qu'au bout de 7 heures les uns et les autres renfermaient de l'acide carbonique libre, malgré le magma presque homogène provoqué par le foisonnement de la chaux et délayé dans l'excès d'éther. La présence du gaz carbonique libre fait supposer que la chaux est totalement carbonatée : c'est le contraire que l'on constate.

Ainsi, dans un tube contenant environ 2^g de chaux vive et 12^{cm^3} à 15^{cm^3} d'éther salicylique, la pression gazeuse au moment de l'ouverture avait projeté avec une certaine violence le sommet du tube. Malgré la perte de gaz résultant de cet accident, j'ai pu recueillir à la température d'ébullition de l'éther salicylique environ 28^{cm^3} de gaz carbonique, tandis que le magma calcaire, fortement alcalin, ne fournit guère que 9^{cm^3} de gaz carbonique par ébullition avec l'acide chlorhydrique en grand excès.

Un autre tube contenant 12^{cm^3} de salicylate de méthyle et 2^g de chaux du marbre a dégagé 122^{cm^3} de CO^2 libre, et le grand excès de chaux vive n'a retenu vers 100° que 48^{cm^3} de CO^2, dont une partie était sans doute restée dissoute dans le magma.

Dans ces expériences délicates, il faut éviter de tasser la chaux, car il se forme tout à coup un composé de chaux et d'éther salicylique avec une surchauffe qui change les résultats, et tenir compte de l'action dissolvante du magma.

Ces essais prouvent que ce n'est ni la chaux ni la quantité de chaleur dégagée par la réaction qui jouent le rôle déterminant dans ces dédoublements; car, si la chaux paraît activer la réaction, ce résultat n'est certainement pas dû à l'énorme quantité de chaleur que cette base dégage en s'unissant au gaz carbonique, puisque les deux corps restent libres séparément. Le facteur principal de ces dédoublements est donc la température.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation de l'acide pinonique en acide diméthyl-1-3.phénylacétique-4*. Note de MM. **Ph. Barbier** et **V. Grignard**, présentée par M. Haller.

Dans le cours de recherches que nous poursuivons sur le pinène et ses dérivés, nous avons observé une transformation accompagnée de changement intramoléculaire tout à fait inattendue, qui nous a paru digne de fixer l'attention des chimistes à cause de sa netteté et des indications qu'elle apporte sur la constitution de l'acide pinonique.

Nous avons montré récemment que cet acide, premier stade de l'oxydation manganique du pinène, pouvait être obtenu sous ses deux formes actives, parfaitement cristallisées, mais nous avons employé ici la forme racémique, antérieurement connue, fusible à 104°.

Dans le but de le tranformer en dérivé monobromé, nous avons chauffé pendant 14 heures, à 100°, en autoclave émaillé, des quantités équimoléculaires d'acide pinonique et de brome, avec un poids d'eau égal à la somme des poids des substances réagissantes.

Nous avons obtenu un liquide brun, très acide, tenant en suspension des matières solides noires et quelques gouttes huileuses.

Après neutralisation par le bicarbonate de sodium et filtration, on précipite avec précaution la solution par l'acide chlorhydrique dilué; on sépare ainsi un premier précipité brun floconneux, non critallin, puis un précipité blanc nacré, cristallin, très volumineux.

Cette substance, seul produit défini que nous ayons pu, jusqu'ici, extraire de l'opération, ne contient pas de brome et recristallise de l'eau bouillante en belles aiguilles très fines, brillantes et soyeuses, fusibles à 102°.

C'est un acide monobasique, saturé, dont l'analyse conduit très nettement à la formule $C^{10}H^{12}O^2$ (trouvé : $C = 73,25$, $H = 7,54$; calculé : $C = 73,17$, $H = 7,32$). Il doit donc appartenir à la série aromatique et il dérive de l'acide pinonique par perte d'eau et d'hydrogène suivant l'équation

$$C^{10}H^{16}O^3 = C^{10}H^{12}O^2 + H^2O + H^2.$$

Nous aurions pu rechercher par les méthodes usuelles la constitution de notre acide; nous avons préféré essayer de la déduire de la formule de constitution généralement admise pour l'acide pinonique. Les schémas ci-après montrent comment on peut passer de l'acide cétonique monobasique, à

enchaînement tétraméthylénique, à un acide aromatique

$$\begin{array}{c} CH^3 \\ | \\ CO \\ CH \diagup \quad CH^3 \\ CH^2 \quad C - CH^3 \\ CH - CH^2 - CO^2H \end{array} = \begin{array}{c} CH^3 \\ | \\ C \\ CH \diagup \diagdown CH \\ CH \quad C - CH^3 \\ C - CH^2 - CO^2H \end{array} + H^2O + H^2.$$

La formation de l'anneau hexagonal, par déshydratation aux dépens des groupements CO et CH^3, se produit sous l'influence de l'acide bromhydrique; c'est une réaction analogue à celle qui permet de passer de la méthylhepténone naturelle au dihydrométaxylène. Quant à la rupture de l'enchaînement tétraméthylénique et à la déshydrogénation, elles sont vraisemblablement provoquées par le brome, comme dans la transformation du pinène en cymène.

La constitution à laquelle nous arrivons ainsi est celle de l'acide diméthyl-1-3.phénylacétique-4, qui, précisément, cristallise, comme le nôtre, en aiguilles fusibles à 102°.

Pour compléter l'identification, nous avons préparé l'amide décrite comme cristallisant dans l'eau en petites aiguilles fusibles à 183°.

Pour cela, nous avons transformé notre acide en éther méthylique, en saturant sa solution méthylique par l'acide chlorhydrique sec.

Cet éther méthylique est un liquide incolore, réfringent, qui bout à 120°-121° sous 11^{mm} et qui possède une odeur fine et agréable rappelant la framboise. Saponifié à 150°-160° par l'ammoniaque alcoolique, il nous a donné l'amide correspondante qui a cristallisé dans l'eau en très petites aiguilles fusibles, sur le bain de mercure, à 180°-181° (non corr.).

Il ne semble donc pas y avoir le moindre doute sur l'identité de notre acide, et la précision avec laquelle on peut le faire dériver de l'acide pinonique montre que la formule de constitution admise pour ce dernier est bien exacte.

Cette réaction, qui donne un acide de constitution aussi éloignée de celle du corps initial, n'est pas d'ailleurs un simple mode de formation; les rendements sont assez bons et pourraient très probablement être améliorés. En outre, on peut utiliser directement, au lieu de l'acide cristallisé, l'acide pinonique huileux, mélange d'acide actif et d'acide racémique, tel qu'on l'obtient par distillation des acides bruts d'oxydation du pinène.

Ajoutons en terminant que ce nouvel exemple de transposition profonde d'un dérivé terpénique montre une fois de plus avec quelles précautions il est nécessaire d'avancer dans l'étude de ces corps, si l'on ne veut s'exposer à des interprétations complètement erronées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Preparation d'anhydrides d'acides cycliques et acycliques*. Note de M. **A. Béhal**, présentée par M. Haller.

J'ai montré dans deux Notes précédentes (*Comptes rendus,* t. CXLVII, p. 1478, et t. CXLVIII, p. 179) que les acides organiques réagissaient sur les dérivés monohalogénés cycliques pour donner naissance à des éthers-sels avec dégagement d'hydracide, que les dérivés dihalogénés cycliques donnaient, dans les mêmes conditions, une aldéhyde et de l'anhydride de l'acide organique utilisé avec dégagement d'hydracide. Dans cette Note j'exposerai les résultats de mes recherches sur l'action des acides organiques, sur les dérivés trihalogénés ayant leur halogène attaché à un même atome de carbone. Je prendrai comme exemple l'action de l'acide acétique sur le chlorure de benzényle.

L'étude des réactions précédentes faisaient prévoir théoriquement que le chlorure de benzényle devait réagir en deux phases sur l'acide acétique, comme l'indiquent les équations suivantes :

$$C^6H^5 - CCl^3 + 2\,CH^3CO^2H = 2\,HCl + C^6H^5 - COCl + (CH^3CO)^2 = O,$$
$$C^6H^5 - COCl + CH^3CO^2H = HCl + C^6H^5 - CO - O - CO - CH^3.$$

On pouvait ainsi prévoir la formation de chlorure de benzoyle et finalement d'anhydride acétobenzoïque et d'anhydride acétique.

Ce sont ces points de vue théoriques que j'ai vérifiés expérimentalement.

Si l'on chauffe 1^{mol} de chlorure de benzényle avec 6^{mol} d'acide acétique à l'ébullition dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux, on observe, en suivant la décomposition par la méthode indiquée dans ma première Note, que dans les deux premières heures celle-ci atteint 36 pour 100 de la valeur théorique et qu'elle est complètement terminée en 10 heures.

On trouve que, comme dans les exemples cités dans les deux Notes précédentes, certains sels se comportent comme activants. C'est ainsi que 1^{mol} de chlorure de benzylidine mise en présence de 400^g d'acide acétique et de 2^g de chlorure de cobalt accuse en 2 heures un dégagement d'acide chlorhydrique égal à 86 pour 100 de la théorie. Et la réaction est complètement terminée en 6 heures.

Les produits de la réaction sont plus complexes que ne le prévoit la théorie, mais ils sont conformes aux résultats de mes recherches sur les anhydrides mixtes des acides cycliques et acycliques (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XIX, juillet 1900).

On trouve en effet dans les produits de la réaction de l'anhydride benzoïque de l'anhydride acétobenzoïque, de l'anhydride acétique, de l'acide benzoïque, et de l'acide acétique dont on a employé un excès.

Nous avons vu que théoriquement on peut prévoir la transformation transitoire de chlorure de benzoyle, et j'ai essayé à plusieurs reprises, dans le cours de la décomposition du chlorure de benzényle, de caractériser le chlorure d'acide, mais en vain. Je n'ai jamais trouvé de chlorure de benzoyle et j'en ai cherché les raisons.

Elles pourraient être au nombre de deux : ou bien le chlorure de benzoyle ne prenait pas naissance, la décomposition du chlorure de benzényle se faisant d'un seul coup; ou bien le chlorure de benzoyle se formait, mais était décomposé au fur et à mesure de sa formation dans le milieu où il avait pris naissance. J'ai vérifié expérimentalement cette hypothèse et j'ai chauffé le chlorure de benzoyle avec de l'acide acétique en présence d'un peu de charbon de cornue; en employant 1^{mol} de chlorure de benzoyle et 2^{mol} d'acide acétique, on observe qu'à l'ébullition la décomposition atteint en une demi-heure 950 millièmes et qu'elle est sensiblement terminée en 1 heure.

Il se forme dans cette réaction le même mélange complexe (anhydride benzoïque, anhydride acétobenzoïque, anhydride acétique, acide benzoïque, acide acétique) que nous avons signalé dans l'action du chlorure de benzényle sur l'acide acétique.

Ces résultats nous montrent qu'il se peut que le chlorure de benzoyle se forme transitoirement, mais qu'on ne peut en saisir pratiquement la formation parce qu'il se décompose beaucoup plus vite au contact de l'acide acétique que le chlorure de benzényle lui-même.

De ces expériences on peut tirer les conclusions suivantes :

Il est possible d'obtenir et peut-être de préparer des anhydrides d'acides cycliques et ces acides eux-mêmes à partir des dérivés trihalogénés sur un même atome de carbone. Cette réaction peut conduire à l'obtention et peut-être à la préparation d'anhydrides d'acides de la série acyclique.

L'action du chlorure de benzoyle sur les acides gras nous montre qu'on peut obtenir et peut-être préparer de même les anhydrides cycliques et les anhydrides des acides gras.

Ce sont, en effet, comme je l'ai indiqué dans mon travail sur les anhy-

drides mixtes cité plus haut et comme Gerhardt l'a montré, les termes ultimes dans lesquels se résolvent finalement, sous l'action de la chaleur, aussi bien les produits de décomposition du chlorure de benzényle par les acides organiques que ceux du chlorure de benzoyle.

J'ajouterai qu'il est possible qu'on puisse utiliser le chlore électrolytique dont on ne connaît point d'utilisation suffisante dans des réactions de cet ordre.

Le chlore, en agissant sur le toluène dans la fabrication du chlorure de benzényle, donnerait naissance à 3^{mol} de HCl, et ce même chlorure de benzényle dans sa transformation ultérieure régénérerait 3^{mol} de HCl en engendrant, d'après les conditions indiquées ci-dessus, l'anhydride benzoïque et l'anhydride acétique.

Peut-être l'emploi soit de l'anhydride benzoïque ou de l'acide benzoïque, soit de l'anhydride acétique, pourrait-il permettre l'utilisation industrielle de ces recherches.

BOTANIQUE. — *L'hétéromérie normale du* Phlox subulata. Note [1] de M. **Paul Vuillemin**, présentée par M. Guignard.

Lorsque les corolles d'une espèce donnée présentent un nombre variable de pétales, on admet que l'hétéromérie est normale : si les pétales sont en nombre indéfini, ou si deux nombres sont à peu près également répandus, ou si l'un d'eux est habituel dans une position déterminée, quand, par exemple, les fleurs terminales diffèrent des fleurs latérales. Les nombres rares, au contraire, sont considérés comme des anomalies. Cette interprétation n'est pas toujours juste : elle repose sur une confusion entre la fréquence et la loi, entre la rareté et l'anomalie.

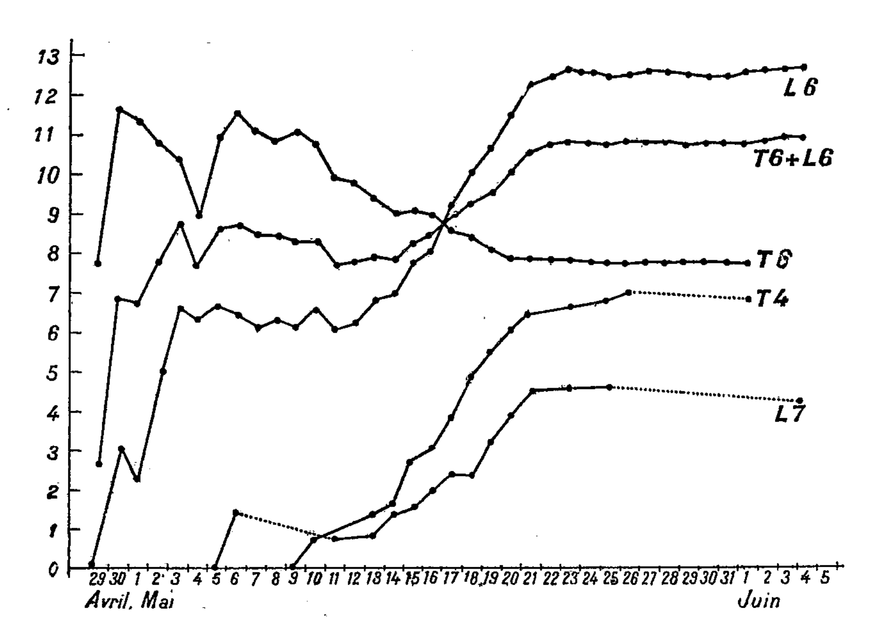
Chez le *Phlox subulata* L., la majorité des fleurs compte 5 pétales. Néanmoins l'hétéromérie de la corolle est un caractère spécifique. Les corolles à 4, 6 ou 7 pétales y sont normales dans certaines limites et dans certaines conditions que j'ai cherché à déterminer au moyen de la statistique.

J'ai fait l'inventaire complet des fleurs épanouies pendant deux saisons dans un lot de bordure long de 1^m. La récolte de 1907 comprend 3116 fleurs, dont 344 hétéromères (11,03 pour 100), celle de 1908 comprend 5273 fleurs, dont 643 hétéromères (12,1 pour 100) : au total 8389 fleurs, dont 987 hétéromères (11,76 pour 100).

La floraison de 1908 fut beaucoup plus intense que la précédente. Elle s'accomplit

(1) Présentée dans la séance du 22 février 1909.

pourtant dans les mêmes délais; la première fleur de 1908, épanouie le 24 avril, est même en retard de 3 jours, par suite d'un refroidissement extrême. La dernière fleur de 1908 est du 4 juin, celle de 1907 du 8; mais la floraison était virtuellement achevée le 2 juin, car, après cette date, il n'y eut plus que 5 fleurs en 1907 et 6 en 1908. Le nombre total des fleurs de 1907 était dépassé le 16 mai 1908.



Le rapport des fleurs terminales aux fleurs latérales n'a pas sensiblement varié : 35 pour 100 en 1907, 34,7 pour 100 en 1908. Il en est à peu près de même des fleurs hétéromères jusqu'au 16 mai 1908. Dans la floraison supplémentaire, nous observons un accroissement énorme du taux des fleurs hétéromères; il porte à la fois sur les tétramères, les hexamères et les heptamères, ce qui confirme les déductions tirées de la première statistique sur les rapports de l'hétéromérie avec l'intensité de la floraison.

Les corolles à 4 et à 7 pétales sont limitées dans l'espace et dans le temps. Dans la règle, les fleurs tétramères sont terminales, les fleurs heptamères sont latérales. Elles manquent au début et à la fin, mais se succèdent rapidement pendant une courte période répondant à l'apogée de la floraison. Ainsi nous avons, en 1907, 19 terminales tétramères, toutes ouvertes du 7 au 23 mai, 6 latérales heptamères du 16 au 27 mai; en 1908, nous avons 26 terminales tétramères, dont 22 du 13 au 21 mai, et 30 latérales heptamères, dont 25 dans le même délai. Les fleurs terminales à 4 pétales et les fleurs latérales à 7 pétales nous apparaissent comme la plus haute expression de ce qu'on est convenu d'appeler *l'état normal,* c'est-à-dire de la vie s'exerçant dans sa plénitude et dans les conditions les plus favorables.

Les fleurs tétramères et les fleurs heptamères qui se montrent à une autre époque dans les lieux d'élection, ou en tout temps en dehors de ces localisations (dans la position terminale pour les heptamères ou dans la position latérale pour les tétramères),

relèvent de la tératologie, parce que leur apparition n'obéit à aucune règle connue. Leur nombre est insignifiant. Il est problable que des fleurs tétramères et heptamères accidentelles se trouvent mélangées dans les mêmes proportions, pratiquement négligeables, à celles qui répondent aux conditions habituelles de temps et de lieu.

Les corolles à 6 pétales existent pendant toute la période principale de floraison. Elles sont constantes comme les fleurs pentamères, quoique moins nombreuses. Leur constance ne paraît en défaut que dans les floraisons d'automne. Ces fleurs sérotines, au nombre de 43 et toutes pentamères en 1907, manquent en 1908 dans le lot recensé.

Le rapport des corolles hexamères aux pentamères n'est pas fixe, mais non désordonné. Ses variations sont continues. Le rapport augmente sans cesse pour les fleurs hexamères latérales, sauf à la fin où il fléchit légèrement. Il suit la même progression pour les heptamères et aussi pour les tétramères. Les hexamères terminales font seules exception. En 1908 comme en 1907, elles atteignent de bonne heure, après quelques oscillations, le taux maximum, qui ne cesse dès lors de s'abaisser.

Le tracé ci-joint représente le taux des fleurs hétéromères (T_4, terminales tétramères; T_6, terminales hexamères; L_6, latérales hexamères; L_7, latérales heptamères). La hauteur des ordonnées indique le rapport quotidien des fleurs de chaque catégorie au total des fleurs, latérales ou terminales, épanouies depuis le début de la saison en 1908. Chaque division vaut 1 pour 100 pour les fleurs hexamères, 0,2 pour 100 pour les autres.

En résumé, les fleurs à 6 pétales sont habituelles, sauf dans les secondes floraisons d'automne, et probablement dans la floraison de mai, quand la végétation manque de vigueur.

Les fleurs terminales tétramères et latérales heptamères sont habituelles quand la floraison présente une grande intensité, condition réalisée pendant une période d'une dizaine de jours dans les années moyennes, sous le climat de Nancy.

Le taux des fleurs hétéromères s'élève progressivement à mesure que la floraison devient plus abondante, excepté pour les fleurs hexamères terminales, dont le taux suit une marche inverse.

L'apparition des fleurs hétéromères de *Phlox subulata* suit une règle assez simple. Elle se rapporte à la caractéristique de l'espèce et non à une anomalie.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Détermination expérimentale des* doses efficaces *de rayonnement* X *retenues par les tissus de l'organisme*. Note de M. **H. Guilleminot**, présentée par M. Bouchard.

J'ai présenté antérieurement les courbes de transmission des rayons X de différente qualité à travers les principaux tissus de l'organisme. Dans ces

courbes les abscisses représentent les épaisseurs du tissu supposé homogène, et les ordonnées les intensités transmises au delà des épaisseurs correspondantes, pour 100 unités incidentes. Mes courbes fluoroscopiques ont pour unité de mesure l'unité dont j'ai donné la définition et que je représente par la lettre M. Mes courbes radiographiques, voisines des courbes chimiques de Bordier, se sont trouvées aussi confirmées par les mesures très nombreuses de Belot [1].

Les courbes de transmission les plus complètes que j'ai obtenues étant les courbes fluoroscopiques, je les ai sériées et définies par leur coefficient de transmission à travers 1^{mm} d'aluminium : ainsi un faisceau marquant 5 au radiochromètre fluoroscopique de Benoist prend le numéro de série 0,525 parce qu'il transmet à travers 1^{mm} d'aluminium 525 pour 1000 de son intensité initiale. Chacune d'elles a des repères expérimentaux correspondant à des épaisseurs croissant de centimètre en centimètre pour les tissus, de demi-millimètre en demi-millimètre pour l'aluminium. J'ai établi les chiffres intermédiaires en déterminant approximativement la formule de ces courbes en fonction de logarithmiques convenablement choisies. Ainsi la courbe complexe du faisceau 0,575 tel qu'il est produit par le tube de Crookes me paraît se comporter à peu près comme s'il était composé par parties égales de 10 faisceaux suivant les courbes de transmission logarithmiques 0,260, 0,300, 0,350, 0,420, 0,530, 0,640, 0,750, 0,810, 0,840, 0,850. De fait ce faisceau, filtré par un filtre d'aluminium très épais, donne au delà de ce filtre une courbe voisine de la logarithmique 0,830.

Cela posé, si, considérant les courbes de transmission à travers les tissus organiques, on mesure, par soustractions, le nombre d'unités d'énergie radiante retenues par les tranches millimétriques successives, et qu'à l'aide des différences obtenues on construise une nouvelle courbe ayant pour abscisses $0^{mm},5$, $1^{mm},5$, $2^{mm},5$, etc., avec des ordonnées proportionnelles aux chiffres obtenus, on aura, par construction graphique, approximativement la dérivée de la courbe de transmission. Elle nous indiquera, à une profondeur quelconque, le rapport limite entre la dose absorbée et l'épaisseur, exprimé par exemple en M par millimètre. Nous déterminerions de même la vitesse d'un projectile en mesurant de $\frac{1}{10}$ de seconde en $\frac{1}{10}$ de seconde les espaces parcourus, nous obtiendrions ainsi les vitesses moyennes durant des temps successifs très courts et nous pourrions à l'aide d'une construction graphique connaître ainsi la vitesse du projectile à un moment quelconque.

Je proposerai d'appeler cette dérivée la courbe des *taux d'absorption*. Le *taux d'absorption* à une profondeur donnée pourra donc être défini « la

(1) Belot, *Société de Radiologie médicale de Paris*, février 1909.

quantité d'énergie que retiendrait 1^{mm} de tissu situé à cette profondeur si l'absorption restait constante pendant toute la traversée de ce millimètre, la dose incidente étant supposée de 100 unités ».

Si au lieu d'avoir 100 unités incidentes on en a 200, 300, ..., cette quantité d'énergie sera doublée, triplée, etc. Autrement dit, la dose qui tend à s'absorber à une profondeur donnée est le produit du taux d'absorption à ce niveau par la dose incidente. Je proposerai de l'appeler la *dose efficace,* parce que c'est vraisemblablement de cette dose que dépendent les effets biochimiques produits.

Le *taux d'absorption* et la *dose efficace* représentent donc un rapport : ils représentent des unités de quantité par unité d'épaisseur, des unités M par millimètre (comme la vitesse représente des unités de longueur par unité de temps), et non une quantité de rayonnement en valeur absolue. Je désignerai par la lettre M_λ l'unité de taux d'absorption et de dose efficace pour rappeler qu'il s'agit d'un rapport linéaire, les mêmes considérations pouvant nous amener ensuite à un rapport massique.

Applications expérimentales. — L'utilité de cette notation est de pouvoir faire abstraction des dimensions réelles des éléments figurés, et de pouvoir calculer la dose efficace qu'ils fixent sans autre renseignement que la notion de leur coefficient d'absorption. L'analyse radio-histologique peut aller d'ailleurs très loin. Connaissant le coefficient moyen d'absorption d'un tissu, on trouve, en général, peu d'écart entre les coefficients propres à chacune de ses parties, en raison de la simplicité même du radiochroïsme de la matière vis-à-vis des rayons X, simplicité si différente de la complexité du radiochroïsme proprement dit dans la gamme lumineuse. Les taux d'absorption propres à tel tissu et à tel rayonnement étant connus, l'analyse histologique et chimique des éléments cellulaires pourra à peu près à elle seule, et par la simple application des lois de Benoist, nous amener à la notion de la répartition des doses efficaces à leur traversée.

Pour le moment nous nous en tiendrons à la considération des divers tissus supposés radiologiquement homogènes.

On trouvera, par exemple, qu'avec 500 M incidents de rayons non filtrés n° 5, les premières couches cutanées absorbent une dose efficace de 28 M_λ à 23 M_λ et que dans ces conditions on arrive au seuil de l'érythème.

Pour donner cette même dose efficace de 28 M_λ avec du n° 3 faible, il suffirait de 300 M incidents, tandis qu'il faudrait 2000 M incidents de rayons de haute pénétration tels que ceux qu'on obtient par filtrage préalable et tube au maximum de dureté.

A supposer, ce que je crois à peu près vrai, que les effets physiologiques d'un même nombre d'unités de doses efficaces de qualité différente soient les mêmes, on comprend ainsi les profondes différences d'effet des mêmes doses incidentes lorsqu'on emploie des rayonnements peu pénétrants ou très pénétrants, filtrés ou non filtrés.

La mesure des doses efficaces nous permettra, en particulier dans la radiothérapie des tumeurs profondes, de savoir si, en nous limitant à une absorption superficielle de $20 M_\lambda$, nous pourrons, à l'aide d'une ou plusieurs portes d'entrée, choisir un rayonnement tel que les premières couches néoplasiques absorbent au moins la dose efficace minima capable de produire les premiers effets thérapeutiques, dose que provisoirement j'estime être voisine de $5 M_\lambda$.

HYGIÈNE. — *Action de la lampe en quartz à vapeurs de mercure sur la toxine tétanique*. Note de MM. **Jules Courmont** et **Th. Nogier**, présentée par M. Guignard.

Nous avons recherché l'action des rayons émis par la lampe en quartz à vapeurs de mercure sur les toxalbumines microbiennes. Voici les résultats obtenus avec la toxine tétanique.

Ne pouvant utiliser notre tonneau d'expérience (*Comptes rendus*, 25 février 1909), nous avons exposé de la toxine tétanique liquide (culture filtrée) dans un tube, à volet de quartz, devant une lampe de Kromayer, fonctionnant sous 3,5 à 5 ampères (135 volts). La toxine était à une distance de 3cm à 10cm du foyer. De l'eau ainsi exposée est stérilisée en 1 à 2 minutes. Les temps d'exposition ont varié de 5 à 150 minutes.

En 5 minutes, l'action des rayons est inappréciable. Après 1 à 1 heure et demie, l'atténuation est nette, mais légère, sans élévation notable de la température de la toxine.

Exemple : cobayes, injectés sous la peau de la cuisse, avec $\frac{1}{500}$ de centimètre cube d'une toxine tuant le cobaye à $\frac{1}{10000}$ de centimètre cube. Les témoins ont des contractures dès la dix-huitième heure et meurent en 48 heures. Les cobayes, injectés avec la toxine irradiée, n'ont des contractures qu'à la vingt-cinquième heure et ne meurent qu'en 60 à 72 heures.

En résumé, les rayons émis par la lampe en quartz à vapeurs de mercure ont une action atténuante certaine, mais très légère et lente, sur la toxine tétanique.

MÉDECINE. — *Action de la d'Arsonvalisation sur la circulation périphérique.* Note (¹) de M. E. DOUMER, présentée par M. d'Arsonval.

Pour étudier l'action de la d'Arsonvalisation sur la circulation perisphérique, j'ai recherché comment variait sous son influence la température du creux de la main fermée Lorsqu'on observe un thermomètre sensible placé dans cette cavité, on remarque que la température croît lentement, mais régulièrement, jusqu'à un maximum qui reste constant tant que restent constantes les conditions expérimentales et qui présente avec la température centrale un écart d'autant plus grand que la circulation périphérique est plus défectueuse (toutes les autres conditions restant bien entendu les mêmes).

Pour les expériences que je rélate dans cette Note, je me suis servi de champs de 0,315 à 0,320 U. M. P. et de thermomètres à alcool (²) permettant d'apprécier facilement le $\frac{1}{100}$ de degré.

Le sujet en expérience était placé dès le début dans la cage, commodément assis, l'avant-bras reposant sur un guéridon de façon à éviter la fatigue et les mouvements. La d'Arsonvalisation ne commençait que lorsque la température avait atteint son maximum et ne variait plus depuis au moins 12 minutes.

Dans ces conditions, j'ai observé les phénomènes suivants :

1° Dans tous les cas, la température *s'abaisse dès le début de la d'Arsonvalisation.*

2° Cet abaissement persiste tant que dure la d'Arsonvalisation (du moins dans les limites de durée où je me suis tenu, de 6 à 15 minutes).

3° Cet abaissement, variable d'ailleurs, a oscillé entre 0°,02 et 0°,09.

4° Après la d'Arsonvalisation, les phénomènes thermiques qui se passent ne sont plus constants. Dans certains cas, *immédiatement* après la cessation de la d'Arsonvalisation, la température *remonte* non seulement au degré d'où elle est partie, mais la dépasse toujours. Cette surélévation de la température peut atteindre un demi-degré. Dans d'autres cas, ou bien l'abaissement produit se maintient pendant un temps plus ou moins long, ou bien même il augmente, alors même que la d'Arsonvalisation a cessé.

(¹) Présentée dans la séance du 1er mars 1909.

(²) Dans des recherches de cette nature, il est indispensable d'employer des thermomètres à alcool. Avec des thermomètres à mercure, il se produit des courants de Foucault qui pourraient altérer les résultats, et les phénomènes électriques qui se passent à la surface du mercure les mettent rapidement hors d'usage.

Dans les deux exemples que voici, j'ai eu soin de faire durer l'expérience pendant longtemps et de soumettre les sujets à deux d'Arsonvalisations successives. Les divers phénomènes dont je viens de parler y sont très nettement accusés.

Les lectures du thermomètre indiquées ici ont été faites de 3 en 3 minutes et ont commencé 30 minutes après la mise en cage pour le premier, 18 minutes pour le second.

TABLEAU I.

Type I.

Homme de 50 ans, bonne santé; tension : 18 P; température axillaire : 36°,70.

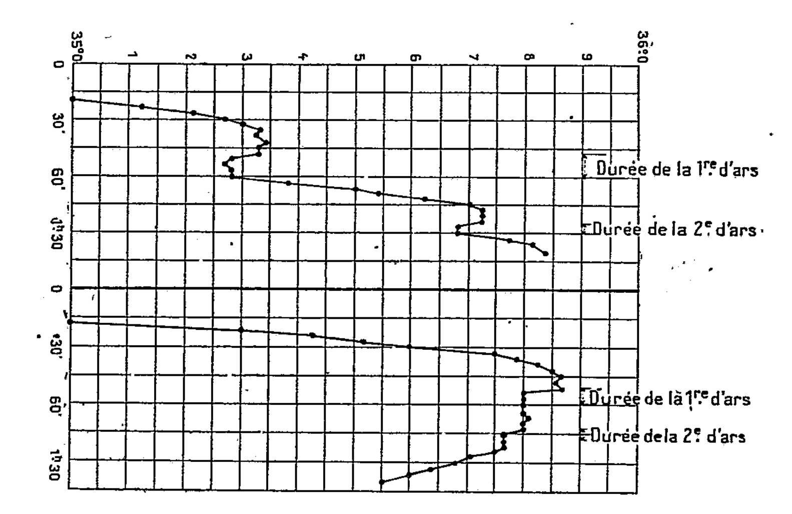
35°,27
30
33
33
34
33
33
On commence la d'Arsonvalisation.
35,28
27
28
28
On cesse la d'Arsonvalisation.
35,38
50
54
62
70
72
72
72
On recommence la d'Arsonvalisation.
35,68
68
On cesse la d'Arsonvalisation.
35,77
81
83
Température axillaire après l'expérience : 36,82
Tension : 16,5 P.

Type II.

Garçon de 17 ans, excellente santé; tension : 14 P.

35°,60
75
79
83
85
87
86
87
On commence la d'Arsonvalisation.
35,80
80
80
On cesse la d'Arsonvalisation.
35,80
81
80
80
On recommence la d'Arsonvalisation.
35,77
77
On cesse la d'Arsonvalisation.
35,77
75
71
68
64
60
55
Le sujet, à la fin de l'expérience, est en pleine moiteur, très appréciable au toucher; à l'intérieur de la main, il y a même une véritable sudation.

Les courbes suivantes, relatives à ces deux expériences, sont très démonstratives :



J'ai toujours remarqué que dans les cas du type II, c'est-à-dire où l'écart entre la température centrale et la température périsphérique est augmenté, il s'agissait de sujets jeunes ou de sujets sans hypertension. J'ai toujours constaté chez eux *une augmentation de la moiteur de la peau*. Cette augmentation de la moiteur était parfois considérable. L'abaissement de la température périphérique s'explique dans ces cas très facilement par l'augmentation de l'évaporation cutanée et par le refroidissement qui en est la conséquence.

Pour les cas du type I, l'abaissement momentané de la température périphérique (abaissement qui dure tant que dure la d'Arsonvalisation) peut s'expliquer par la même raison; en effet, presque tous les sujets accusent une augmentation momentanée de la moiteur de la peau, mais cette excitation de la sécrétion cutanée est beaucoup moins grande et moins durable que dans les cas du type II.

Pour l'explication de l'augmentation de la température périphérique, toujours si nette et parfois si considérable, qu'on observe dans les cas du type I, on peut invoquer deux causes : ou bien l'augmentation des combustions organiques, ou bien une vaso-dilatation qui, permettant une circulation plus active, permet à la température périphérique de se rapprocher de la température centrale.

La première raison ne me paraît pas acceptable, car la température périphérique, loin de varier parallèlement à la température centrale, croît beau-

coup plus. Dans l'exemple choisi, la température périphérique s'est accrue de 0°,5, tandis que la température centrale ne s'élevait que de 0°,12.

La seconde explication me semble au contraire beaucoup plus légitime, d'autant plus que je n'ai rencontré ce type que dans les cas où il y avait hypertension et où l'écart primitif entre la température centrale et la température périphérique est très accusé (dans l'exemple choisi, cet écart était de 36°,70 — 35°,33 = 1°,37, alors que, dans l'exemple du type II, cet écart n'était que 36°,80 — 35°,87 = 0°,93). Chez les hypotendus et chez les sujets jeunes à circulation périphérique très intense, la vaso-dilatation ne se produit qu'à un degré moindre ou même peut-être pas du tout, et la déperdition de la chaleur par l'augmentation de la transpiration cutanée ne peut être compensée par un afflux plus considérable du sang.

CYTOLOGIE. — *Constitution du macronucleus des Infusoires ciliés.* Note de M. E. Fauré-Frémiet, présentée par M. Henneguy.

L'appareil nucléaire des Infusoires ciliés est constitué par deux éléments couramment désignés sous les noms de *macronucleus* et de *micronucleus*. Il semble bien admis aujourd'hui que le *micronucleus*, qui présente au moment de la division des figures superposables à celles de la karyokinèse, soit le véritable noyau de l'Infusoire. Le *macronucleus* serait alors comparable à un appareil chromatique accessoire, à un appareil chromidial. En d'autres termes, le premier représenterait ce que certains auteurs nomment l'*idiochromatine,* par opposition à la *trophochromatine* représentée par le second. M. Henneguy avait exprimé la même idée d'une manière objective, en 1893, en comparant le macronucleus de l'Infusoire et le corps vitellin de l'œuf.

En tenant compte des récentes recherches sur la masse vitellogène, cette hypothèse, à laquelle je me rallie, provisoirement tout au moins, explique un certain nombre de rapports morphologiques sur la nature desquels une étude très précise du macronucleus et du corps vitellin permettra seule de conclure.

Le macronucleus des Infusoires a été très bien étudié par Greenwood qui a distingué deux sortes de grains : les microsomes et les macrosomes. Ces observations ont été confirmées par nombre d'auteurs ; elles correspondent exactement à ce que j'ai toujours observé.

Les *macrosomes* sont des éléments de nombre et de dimensions variables suivant

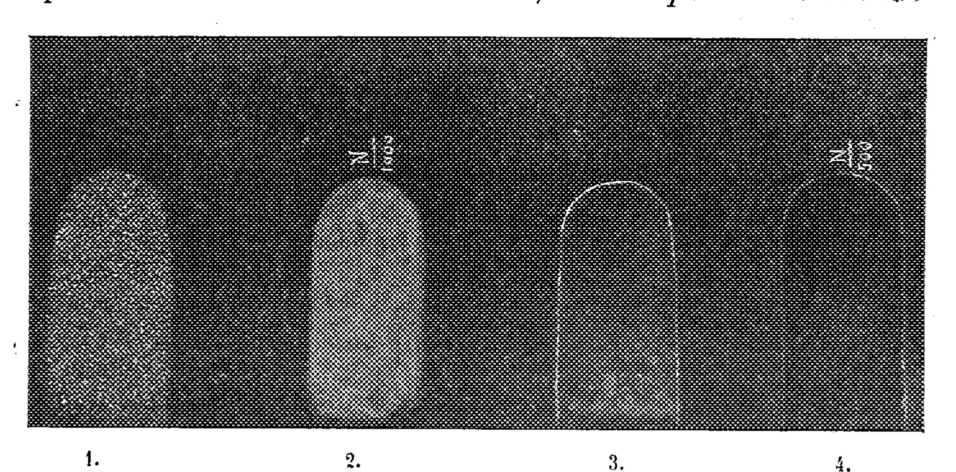
les conditions de nutrition de l'Infusoire. Ils correspondraient à des nucléoles. Les *microsomes* sont, au contraire, l'élément fondamental, constitutif et caractéristique du macronucleus.

Les microsomes sont de très petite dimension ; ils mesurent moins de $0^{\mu},5$ et sont presque à la limite de visibilité. Ils sont très nombreux, assez serrés les uns contre les autres, et leur ensemble est enveloppé par une membrane résistante. Tous ces détails sont visibles *in vivo*.

Ces grains se distinguent du cytoplasma par leur chromaticité et leur affinité pour les colorants nucléaires. Ils prennent cependant la laque ferrique, le carmin, la safranine, etc., avec moins d'intensité que les nucléoles. Mais les nucléoles absorbent au contraire le colorant acide avec les mélanges vert de méthyle-éosine ou vert d'iode-fuchsine.

Ces réactions sont un peu contradictoires au point de vue histologique et ne prouvent rien au point de vue histochimique parce que l'action des colorants, après l'action d'un fixateur chimique, est trop complexe pour être analysée utilement. Il en est malheureusement de même de l'action des colorants vitaux.

J'ai cherché d'autres procédés d'étude, et l'emploi de l'ultra-microscope m'a permis d'arriver aux résultats suivants, chez *Campanella umbellaria :*



1. 2. 3. 4.

Macronucleus de *Campanella umbellaria* (gr. 1000).
Aspect ultramicroscopique montrant les modifications de l'état normal (1) sous l'action des solutions de soude (2, 3 et 4).

Examinés avec l'appareil pour l'ultra-microscope à réfraction totale de Reichert, les microsomes apparaissent comme des points brillants très ténus, très rapprochés et immobiles. Si la membrane du macronucleus vient à se dilater sous l'influence d'une variation de l'état osmotique, des mouvements browniens agitent aussitôt les microsomes.

Si l'on fait agir une solution de soude au $\frac{1}{1000}$ normale sur l'Infusoire entier ou mieux

sur un macronucleus isolé, on voit les microsomes disparaître peu à peu; le macronucleus reste pourtant *très lumineux;* puis, si l'on augmente la concentration de la solution alcaline, la luminosité s'affaiblit progressivement pour disparaître avec la solution $\frac{N}{500}$. Le contenu du macronucleus, dont la membrane reste visible, est plus noir que le milieu environnant. Si maintenant nous diminuons la concentration et si nous ramenons l'eau ordinaire, le même phénomène se reproduit en sens inverse, et les microsomes reparaissent. Un Infusoire vivant peut supporter cette opération plusieurs fois de suite.

Il est difficile de n'être pas frappé du parallélisme qui existe entre ces faits et ceux décrits par Mayer, Schæffer et Terroine ([1]) à propos de l'influence de la réaction du milieu sur la grandeur des granules colloïdaux.

Tout se passe comme si le macronucleus était constitué par un colloïde négatif renfermant en milieu ordinaire des granules microscopiques. Sous l'action de la soude au millième normale, les granules deviennent submicroscopiques; la solution colloïdale est devenue amicronique; avec une concentration plus forte, elle prend un aspect vaguement nébuleux; enfin, avec la concentration au $\frac{1}{500}$ normale, elle devient optiquement vide. *Le phénomène est réversible.*

Si l'on effectue le transport électrique des microsomes au dedans de la membrane du macronucleus, on voit ceux-ci se diriger vers l'anode. Ils sont donc bien de signe négatif. Une troisième démonstration de ce fait est donnée par leur affinité pour les colorants positifs comme le vert de méthyle et le bleu de toluidine (après fixation par l'eau chaude alcoolisée).

Tous ces faits concordent. On en peut conclure qu'une *structure* cytologique, réelle, bien caractérisée et décrite comme telle par de nombreux auteurs : la structure granuleuse du macronucleus, dépend de la réaction du milieu et serait de nature physico-chimique.

Je me propose de répéter ces expériences sur les mitochondries de la masse vitellogène de l'œuf.

HISTOLOGIE. — *Granulations interstitielles et mitochondries des fibres musculaires striées.* Note de MM. **Cl. Regaud** et **M. Favre**, présentée par M. Henneguy.

Les fibres musculaires de la langue du Lapin, fixées en état d'extension par la méthode au bichromate de potasse formolé que l'un de nous a fait connaître récem-

([1]) *Comptes rendus,* 25 novembre 1907.

ment (¹), puis colorées par l'hématoxyline au fer et le rouge Bordeaux ou le ponceau, montrent sur les coupes longitudinales et transversales des images très instructives.

Dans les fibres coupées longitudinalement, on voit entre les colonnettes contractiles de très nombreux filaments et grains noirs. Ordinairement, les filaments sont plus nombreux que les grains; ils sont plus ou moins longs, dépassant parfois la longueur d'un segment contractile de Renaut; quelquefois rectilignes, ils sont plus souvent flexueux. Dans d'autres fibres ou régions de fibres, on observe non pas des filaments, mais des grains, tantôt fins, tantôt aussi gros ou même un peu plus gros que les disques épais. Assez souvent on voit dans le même interstice intercolumnaire plusieurs rangées de grains fins et irréguliers. Filaments et grains sont un peu plus nombreux autour des noyaux, et très nombreux en certaines régions sous-lemmales que nous ne pouvons actuellement préciser davantage.

Nulle part, dans nos préparations, nous n'avons vu de grains ou de filaments noirs contenus dans les colonnettes contractiles, entre les pièces anisotropes ou correspondant à celles-ci.

Dans quelques fibres, les filaments et grains intercolumnaires sont assez régulièrement disposés au même niveau dans toute la largeur de la fibre pour donner l'impression d'une striation transversale comparable à la striation de la substance contractile.

Il est évident que l'état de la contraction doit influer beaucoup sur la forme des filaments et des grains interstitiels; filaments et grains ne sont peut-être que des formes alternantes de petits éléments plastiques subissant les effets de la contraction des colonnettes entre lesquelles ils sont situés : nous ne pouvons encore exprimer un avis définitif sur ce point.

Dans les fibres musculaires coupées exactement en travers, les champs de Cohnheim, correspondant à la section des colonnettes contractiles, sont colorés en rouge. Dans leurs intervalles, on voit des corpuscules noirs, arrondis et complètement indépendants les uns des autres.

Tels sont les premiers faits que nous avons observés. Nous les interprétons de la manière suivante :

Les grains et filaments que nous avons ainsi réussi à mettre en évidence

(¹) Les pièces sont laissées pendant 3 ou 4 jours dans le fixateur (eau distillée, 20^{cm^3}, et formol 5^{cm^3} à 20^{cm^3}, ou bien solution aqueuse de bichromate de potasse à 3 pour 100, 20^{cm^3}, et formol 5^{cm^3}), puis mordancées pendant 8 à 15 jours dans une solution de bichromate à 3 pour 100.

avec une électivité non obtenue jusqu'à présent, à notre connaissance du moins, ne sont pas des éléments morphologiques inconnus. Ils correspondent certainement aux *grains interstitiels* de Kölliker (1857), aux *sarcosomes* de Retzius (1890), aux corpuscules décrits par Arnold (1898) et considérés par lui comme une variété des *plasmosomes* existant dans la plupart des cellules (¹), aux *grains sarcoplasmiques* d'Holmgren (1907), etc. Ils font très probablement partie des *formations réticulaires* si souvent décrites (après emploi de diverses autres méthodes) dans le protoplasma intercolumnaire des fibres musculaires striées (réseaux de Gerlach, de Retzius, de Veratti, etc., trophosponge d'Holmgren, etc.). Mais les éléments que nous décrivons ne sont pas disposés en réseaux, ils ne sont pas reliés par des pièces transversales; ils ne sont donc, en tout cas, qu'une partie seulement des réseaux décrits.

Les grains et les filaments interstitiels que nous avons réussi à colorer appartiennent au groupe des *mitochondries* de Benda. Leurs dispositions morphologiques, ainsi que les réactions successives (fixation en milieu ne contenant pas d'acide acétique, mordançage par le chrome, hématoxyline au fer) qui nous ont permis de les mettre en évidence, ne laissent aucun doute à cet égard (²). Benda (1899) a montré que, dans les myoblastes en voie de développement, les mitochondries sont la matrice des fibrilles contractiles, que les grains alignés en filaments se transforment en disques épais. On pouvait donc s'attendre à ce que, dans la fibre musculaire complètement développée, les formations mitochondriales soient représentées par les disques épais. Mais cette hypothèse ne se vérifie pas : la substance contractile n'est pas de nature mitochondriale, elle n'a pas les réactions microchimiques caractéristiques des mitochondries; les mitochondries de la fibre musculaire striée sont intercolumnaires, complètement distinctes de la substance contractile, de même que celles de la fibre musculaire lisse (Benda).

Nous croyons que les mitochondries des fibres musculaires ont un

---

(¹) Pour de plus amples détails bibliographiques, nous renvoyons à la revue générale bien documentée de Prenant (1903-1905) : Questions relatives aux cellules musculaires (IV, § I, A, Sarcoplasme), in *Arch. Zool. expérim.*, 1904 [4], vol. II, notes et revues, n° 6, p. CI.

(²) Cl. Regaud, *Sur les mitochondries de l'épithélium séminal; III : Technique, variations histochimiques* (*Soc. de Biologie*, 19 déc. 1908).

rôle trophique, qu'elles sont les supports des matériaux nourriciers nécessaires à la vie du muscle. Cette opinion concorde avec celle d'Arnold; cet auteur vient de montrer (1909) que le glycogène de la fibre musculaire est contenu non point dans la substance contractile, mais dans les intervalles de celle-ci, dans les éléments correspondant aux sarcosomes. Benda pensait que les mitochondries des cellules, en général, ont une fonction motrice; mais les faits que nous venons de rapporter à propos des fibres musculaires striées sont, après d'autres, nettement opposés à cette opinion.

L'un de nous a émis l'opinion, à propos des mitochondries de l'épithélium séminal [1], que les mitochondries sont constituées par un complexe albumino-lipoïde dissociable dans certaines conditions, et que la substance caractéristique de ces formations est soluble dans l'alcool quand elle n'a pas été chromée. Cela est d'accord avec ce fait que les grains interstitiels des fibres musculaires striées ont été considérés par plusieurs auteurs comme formés de graisses ou de substances lipoïdes (Danilewsky, 1882; Knoll, 1889 : cités par Prenant).

EMBRYOGÉNIE. — *Sur la structure qu'acquiert le canalicule séminifère de la Taupe commune* (Talpa europæa *L.*) *après la période de reproduction.* Note de M. **A. Lécaillon**, présentée par M. Henneguy.

Quand l'époque de la reproduction est passée (elle a lieu au printemps pour l'espèce dont il est ici question), les testicules de la Taupe rentrent dans la cavité abdominale et diminuent de volume. Mais quelles transformations subissent au juste les canalicules séminifères? C'est ce que j'ai examiné dans des testicules de Taupes adultes capturées en juin et en juillet.

A cette époque, le testicule est représenté par un corps de forme ovoïde, mesurant seulement 4^{mm} de long sur $2^{mm},5$ d'épaisseur, en moyenne.

Sur les coupes pratiquées dans l'organe, on reconnaît que les tubes séminifères sont restés bien distincts du tissu testiculaire qui les enveloppe. Mais la lumière de ces tubes a complètement disparu, de sorte qu'on doit admettre que le diamètre transversal des tubes a lui-même diminué.

La paroi propre du tube n'a manifestement subi aucun changement dans sa struc-

(1) Cl. Regaud, *Sur les mitochondries de l'épithélium séminal;* IV : *Faits et hypothèses relatifs à leur constitution* (*Soc. de Biologie,* 26 déc. 1908).

ture histologique. Les nombreux petits noyaux aplatis qui constituent l'assise cellulaire entrant dans la structure de cette membrane présentent leurs caractères habituels et, en particulier, se colorent fortement par les substances colorantes habituelles de la chromatine.

Mais c'est dans la composition des cellules qui constituent *l'épithélium séminifère* que réside le principal intérêt de l'observation. Cet épithélium est représenté par une masse de cellules disposées en une rangée un peu irrégulière, en ce sens que tous les noyaux cellulaires ne se trouvent pas tous rigoureusement à distance égale de la paroi propre du tube.

Au premier coup d'œil, on reconnaît deux sortes d'éléments très différents parmi ces cellules. Je les désignerai simplement par les termes de *petites cellules* et *grosses cellules,* parce que ces mots sont la traduction du caractère différentiel le plus apparent qui existe entre les deux sortes d'éléments.

Les petites cellules sont les plus nombreuses. Leurs noyaux sont de taille variable, riches en matière chromatique, toujours bien distincts les uns des autres. Leurs corps cytoplasmiques, sur les objets fixés, paraissent toujours fusionnés, de sorte qu'il est impossible de leur attribuer une forme précise. La masse protoplasmique résultant de cette fusion s'avance depuis la paroi du tube jusque dans la partie centrale de celui-ci. Cette partie centrale a un aspect filamenteux ou spongieux tout à fait caractéristique.

Les grosses cellules ont au contraire un contour bien délimité. Leur noyau est beaucoup plus volumineux que celui des petites cellules. Il contient un réseau dont la partie chromatique est surtout localisée au voisinage de la membrane nucléaire qui est elle-même très colorable. Vu à la lumière transmise, sur les préparations colorées, il paraît beaucoup plus clair que les noyaux des petites cellules.

Fréquemment quelques petites cellules tendent à entourer certaines grosses cellules de la même manière que les cellules des follicules primordiaux entourent les jeunes ovules.

Les grosses cellules reposent presque toutes directement contre la paroi du tube séminifère. Il y en a assez souvent deux ou plusieurs groupées ensemble. Enfin, très rarement, on en trouve en voie de division (par mitose).

Que représentent, par rapport aux cellules de l'épithélium séminal des tubes séminifères en pleine activité, les deux catégories de cellules dont il vient d'être question ? Une partie tout au moins des petites cellules sont des *cellules de Sertoli,* car l'examen attentif de certains de leurs noyaux impose cette conclusion. Peut-être une autre partie correspondent-elles à des éléments susceptibles de donner naissance aussi bien aux cellules de Sertoli qu'aux premières spermatogonies. Je puis actuellement d'autant moins me

prononcer catégoriquement sur ce point, que l'existence de tels éléments dans le testicule est encore aujourd'hui trop discutée.

Les grosses cellules représentent des *spermatogonies* qui, après avoir évolué de manière à prendre un volume remarquable, restent en l'état plus ou moins longtemps, dégénèrent parfois ensuite (on en trouve en voie de dégénérescence) ou sans doute peuvent continuer à évoluer quand l'époque de la reproduction est revenue.

Mais le fait le plus digne de remarque que présente le testicule de la Taupe, après la période de reproduction, est que cet organe reprend une structure qui est exactement celle qu'*a un testicule de jeune Mammifère bien avant la puberté*.

Les grosses cellules décrites ci-dessus sont, en effet, identiques aux *ovules mâles* décrits par tous les auteurs (Balbiani, Prenant, etc.) qui ont étudié le testicule embryonnaire et le testicule très jeune. De même les petites cellules correspondent aux *cellules épithéliales* des testicules jeunes.

L'activité testiculaire, après avoir été nulle ou extrêmement faible chez l'embryon et chez le Mammifère jeune, devient considérable chez le Mammifère adulte pendant la période de reproduction. Mais elle peut aussi retomber, même chez l'adulte, lorsque la période de reproduction est passée, au même point où elle était bien avant la puberté.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte d'un horizon danien à Échinides dans le bassin de la Seybouse (Algérie).* Note (¹) de M. J. **Dareste de la Chavanne.**

La continuité de sédimentation, que nous avions observée entre le Crétacé supérieur et l'Éocène dans la région qui s'étend au sud de la vallée de la Seybouse, nous avait permis, dans une précédente Note, de conclure en faveur de la présence de l'étage Danien, représenté par une assise marneuse et marno-calcaire, reliant les calcaires à Inocérames du Sénonien supérieur à la série des assises nummulitiques.

(¹) Cette Note a été rédigée à la suite de mes explorations pour le Service de la Carte géologique d'Algérie.

Or l'existence de cet étage vient d'être confirmée par la présence d'un horizon fossilifère à Échinides, au nord de la vallée de la Seybouse, que j'ai découvert au cours de mes explorations en vue de l'établissement de la Carte géologique détaillée de cette région.

M. J. Lambert, qui a bien voulu examiner cette faune, la considère sans hésitation comme danienne. Ce savant échinologiste y a reconnu : *Ovulaster Zignoi* d'Orb. (*Cardiaster*) et *Cardiaster subtrigonatus* Catullo (*Nucleolites*), synonyme de *Cardiaster italicus* d'Orb. Or ces espèces se trouvent à Tunis et en Italie dans la Scaglia à *Stenonia tuberculata* et en Espagne dans les couches à *Coraster*, qui doivent d'après M. Lambert être rattachées au Danien, c'est-à-dire au niveau à *Nautilus danicus* d'Europe.

J'ai recueilli cette faune d'Échinides sur les flancs sud-ouest du massif du Djebel-bou-Sba, qui est situé au nord de la vallée de la Seybouse, entre Guelma et le village de Nechmeya. L'horizon fossilifère est localisé dans une formation marno-calcaire, composée essentiellement de marnes blanchâtres avec intercalation de bancs calcaires minces et régulièrement espacés.

Tel est le facies spécial que revêt le Danien dans la partie septentrionale du géosynclinal du Tell, dans l'est de la province de Constantine.

La présence de cet étage est également confirmée par la stratigraphie. En effet, à peu de distance vers l'Est, près du village de Guelaat-bou-Sba, à un niveau un peu inférieur, dans des bancs de calcaire à grands Inocérames, j'ai recueilli des *Stegaster* que M. J. Lambert rapproche du *Stegaster altus* Seunes et d'un *Stegaster* indéterminé de la craie de Bidart, et qu'il considère comme appartenant à l'Aturien proprement dit, caractérisé en Europe par le *Pachydiscus colligatus,* en s'appuyant sur ce fait que tous les *Stegaster* connus sont de la craie très supérieure.

Enfin, la présence de cet horizon fossilifère danien au nord de la vallée de la Seybouse offre, de plus, cet intérêt tout particulier qu'il permet de penser à l'extension possible de l'Éocène inférieur dans cette région assez septentrionale du Tell. En effet ce dernier système, sous un facies un peu différent de celui qu'il revêt plus au Sud, doit vraisemblablement être représenté par la masse assez importante de calcaires et de marnes, qui surmontent en concordance, dans ce massif, le niveau danien à Échinides.

Jusqu'ici, toutes ces formations avaient été englobées dans le Sénonien, par suite de l'absence de données paléontologiques et de leur analogie grossière de facies avec les calcaires sénoniens à Inocérames.

OCÉANOGRAPHIE. — *Variations physico-chimiques de l'eau de mer littorale à Concarneau.* Note de M. R. LEGENDRE, présentée par M. Henneguy.

Malgré tout l'intérêt que présente la zone littorale pour le biologiste et le pêcheur, on ne possède que très peu de données physico-chimiques la concernant, la plupart des recherches de température, de densité, de gaz dissous ayant eu lieu au large et n'ayant porté le plus souvent que sur les variations en profondeur.

Pendant deux étés consécutifs, j'ai étudié les variations de température de densité et de teneur en oxygène dissous de l'eau de la côte à Concarneau.

Sans entrer dans le détail de ces observations (qui sera publié prochainement), j'énoncerai seulement les résultats généraux que j'ai obtenus. Bien entendu, ces résultats ne sont valables que pour la région et la saison que j'ai étudiées, tout au moins jusqu'à ce que des recherches plus étendues aient permis de distinguer ceux qui sont généraux de ceux qui sont particuliers à la baie de Concarneau et à l'été.

1. *Variations de température.* — La température de l'eau de mer littorale varie pendant la journée; son maximum a lieu de 2^h à 5^h de l'après-midi; son minimum, un peu avant le lever du jour. Le maximum de température a lieu à une heure différente, suivant la marée; pendant les marées de morte eau (basse mer vers 6^h), il a lieu vers 5^h de l'après-midi; pendant les grandes marées (basse mer vers midi), il a lieu vers 2^h. Ce déplacement de l'heure du maximum est dû à ce que l'eau littorale est plus chaude que celle du large.

La comparaison des températures prises alternativement à l'entrée du port (port formé par l'estuaire de la rivière du Moro) et sur la côte montre que le maximum a lieu environ 2 heures plus tôt dans le port pendant les grandes marées, et 2 heures plus tard pendant les mortes eaux; ces différences peuvent s'expliquer par la même cause que celle des déplacements de l'heure du maximum. La marée influe donc plus sur l'heure du maximum de température dans l'estuaire que sur la côte.

2. *Variations de densité.* — La densité de l'eau de mer littorale varie avec la marée; les plus faibles densités s'observent peu après la mer basse, les plus fortes peu après la haute mer. Cependant les variations de densité sont loin d'être aussi régulières que celles de température; divers facteurs atmosphériques (insolation, pluie), océaniques (courants) ou géographiques (ruissellement et infiltrations d'eau douce) peuvent les modifier. La comparaison des densités prises alternativement à l'entrée du port et sur la côte montre que les deux eaux sont presque également salées après une période de beau temps, très inégalement au contraire après une pluie abondante. Après la pluie,

l'eau de l'entrée du port présente des variations de densité assez grandes et rythmiques comme celles de la marée; après le beau temps, au contraire, la densité de l'eau de l'entrée du port ne devient plus faible que celle de l'eau de la côte qu'au moment de la mer basse; l'écart est alors petit pendant les mortes eaux, plus grand pendant les très basses mers.

Les variations de densité liées aux variations de température sont beaucoup plus faibles. Toutefois, c'est à l'élévation de température qu'est due la légère diminution de densité qu'on observe dans l'après-midi.

3. *Variation d'oxygénation.* — La teneur en oxygène dissous de l'eau de mer littorale présente des variations journalières; elle est maxima vers 2^h à 4^h de l'après-midi, minima un peu avant le lever du jour. Les variations sont plus grandes les jours ensoleillés que par temps de brume ou de pluie. L'agitation de l'eau ne paraît pas avoir une grande influence, car on n'observe pas de différences constantes de la teneur en oxygène entre les eaux prises pendant la houle et celles prises en calme plat. Les marées et les variations de densité qu'elles produisent ne semblent pas agir beaucoup sur la teneur en oxygène; toutefois, c'est à cette cause qu'il faut probablement rapporter le léger déplacement de l'heure du maximum qui paraît reporté, sans grande netteté, il est vrai, de 2^h pendant les grandes marées à 4^h pendant les mortes eaux. La comparaison des teneurs obtenues alternativement à l'entrée du port et sur la côte montre peu de différences; toutefois, l'eau de l'estuaire est un peu plus oxygénée que celle de la côte quand sa densité est plus faible.

La variation journalière de la teneur en oxygène de l'eau de mer littorale, variation la plus importante et la plus nette que j'ai constatée, avait déjà été signalée autrefois par Morren et par Lewy. Cette variation, synchrone de celle de l'éclairement et à peu près synchrone de celle de la température, est évidemment due à l'assimilation chlorophyllienne des algues du fond. Pendant la nuit, la teneur en oxygène devient inférieure au coefficient de solubilité; cette diminution est explicable par la respiration des êtres vivants du fond, très nombreux et peu éloignés de la surface. Pendant le jour, la teneur en oxygène atteint jusqu'à 12^{mg} et même 14^{mg} par litre, dépassant le coefficient de solubilité pour la densité et la température de l'eau analysée. Cette augmentation diurne présente avec les lois physiques un désaccord que je ne sais encore expliquer. Les fortes teneurs en oxygène de l'eau sont-elles dues à la présence de bulles microscopiques en suspension dans l'eau sursaturée? Sont-elles dues à un état physique particulier de l'oxygène produit par les algues? Nous n'avons aucun renseignement à ce sujet. On pourrait encore supposer que l'oxygène forme une combinaison instable, facilement dissociable avec un des composants de l'eau de mer, mais on n'y connaît aucun corps qui jouisse de cette propriété, et, d'après ce que nous savons de l'eau du large, le même phénomène ne semble pas s'y présenter. Ou bien, peut-être, les fortes teneurs en oxygène sont-elles dues à ce que le phyto-plankton renferme dans ses cellules plus d'oxygène dissous que l'eau de mer qui le baigne? Je n'ai pas encore fait de recherches à ce sujet.

Cette étude, que je compte poursuivre en d'autres saisons et en d'autres

points du littoral, permettra peut-être, quand elle aura fourni des renseignements plus nombreux, d'expliquer les variations d'activité des espèces littorales, variations intéressant le biologiste et le pêcheur.

M. EUSTRATE-ANASTASE PELTÉKIS adresse un *Nouveau Calendrier réel, scientifique, universel.*

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 8 MARS 1909.

Alfred Giard, 1846-1908; *in memoriam*, par PAUL PELSENEER. (Extr. des *Annales de la Société royale zoologique et malacologique de Belgique;* t. XLIII, p. 220-227.) Bruxelles, M. Weissenbruch, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Festskrift til H.-G. ZEUTHEN *fra venner og elever i anledning af hans* 70 *aars fodselsdag* 15 *februar* 1909. Copenhague, 1909; 1 vol. in-8°.

La femme dans la nature, dans les mœurs, dans la légende, dans la société. Tableau de son évolution physique et psychique; Ouvrage publié pour la partie scientifique par M. EDMOND PERRIER, Membre de l'Institut, avec la collaboration de M. le Dr VERNEAU, et rédigé pour la partie littéraire par MM. V. DU BLED, JULES CLARETIE, de l'Académie française, FRÉDÉRIC LOLLIÉ, Mme CAMILLE PERT, MM. MARCEL PRÉVOST et A. SCHALCK DE LA FAVERIE; t. I. Paris, Bong et Cie, s. d.; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. Edmond Perrier.)

Observatoire national astronomique, chronométrique et météorologique de Besançon : XXe Bulletin chronométrique, année 1907-1908, publié par M. A. LEBEUF. Besançon, J. Millot et Cie, 1908; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Baillaud.)

Psycho-biologie et Énergétique, essai sur un principe de méthodes intuitives de calcul, par M. CHARLES HENRY. Paris, A. Hermann et fils, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Annales du Musée colonial de Marseille, publiées par M. Édouard Heckel; 16e année, 2e série, 6e volume, 1908. Marseille, 1908; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Croissance en longueur des racines de blé en solutions nutritives, rapports avec ces solutions, par Pierre Lesage. Rennes, A. Leconte, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Faits d'électroculture, interprétation, par Pierre Lesage. Rennes, A. Leconte, 1909.

The Bell telephon. The deposition of Alexander Graham Bell in the suit brought by the United States to annul the Bell patents. Boston, 1908; 1 vol. in-8°.

Thoughts on natural philosophy and the origin of life, by A. Biddlecombe. Newcastle-on-Tyne, 1909; 1 fasc. in-12.

L'agonia di Messina, per E. Agostinoni. Rome, 1909; 1 fasc. in-8°.

Second examen des Insectes nuisibles et utiles de Java, par J.-C. Koningsberger. Batavia, C. Kolif et Cie, 1908; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 11 janvier 1909.)

Note de M. *P. Carré,* Sur la réduction alcaline de l'orthonitrodiphényl méthane :

Page 102, lignes 18 et 19, *au lieu de*

dibenzyl-2-2'-diamino-4-4'-diphényle $[-C^6H^3(CH^2-C^6H^5)_2(NH^2)_4]^2$,

lisez

dibenzyl-3-3'-diamino-4-4'-diphényle $[-C^6H^3(CH^2-C^6H^5)_3(NH^2)_4]^2$.

(Séance du 22 février 1909.)

Note de M. *P. Carré,* Sur la préparation des dérivés indazyliques, etc. :

Page 492, ligne 11, et page 493 ligne 10, *au lieu de* dibenzyl-2-2'-diamino-4-4'-diphényle, *lisez* dibenzyl-3-3'-diamino-4-4'-diphényle.

Page 492, lignes 12 et 13, et page 493, ligne 10, *au lieu de* benzyl-2-diamino-4-4' diphényle, *lisez* benzyl-3-diamino-4-4'-diphényle.

(Séance du 1er mars 1909.)

Note de MM. *Lematte* et *A. Savès,* Détermination de quelques constantes physiques des peptones :

Page 554, ligne 5, en remontant, *ajouter* la phrase suivante : ce nombre doit être ajouté à l'indice de réfraction de l'eau à 17°,5, soit 1,33320 :

$$n = P \times 0{,}001869 + 1{,}33320.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations différentielles homogènes*. Note de M. **Gaston Darboux**.

1. Dans une Note insérée aux *Comptes rendus* du 4 janvier 1909 (p. 16 de ce Volume) j'ai entretenu l'Académie de certains systèmes d'équations linéaires de la forme

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum p_{ik} x_k, \tag{1}$$

où l'on a

$$p_{ik} + p_{ki} = 0. \tag{2}$$

Après M. Eiesland et M. Laura [1], j'ai montré que, dans le cas où $n = 4$, leur intégration peut se ramener à celle de deux systèmes linéaires à deux variables ou, ce qui est la même chose, de deux équations de Riccati.

Depuis, dans une Note insérée aux *Comptes rendus* du 8 février dernier (p. 332 de ce Tome), un géomètre des plus habiles, M. Vessiot, est revenu sur ce sujet pour lui appliquer les méthodes tirées de la théorie des groupes de Sophus Lie, qu'il avait déjà proposées dans un Mémoire antérieur. Je voudrais à mon tour terminer mon étude et faire connaître à la fois les méthodes et les résultats que j'ai sommairement annoncés au cours et à la fin de ma précédente Communication.

---

[1] Et aussi M. Goursat (voir une Note insérée aux *Comptes rendus* du 8 mars, p. 612).

2. Les méthodes reposent toujours sur la considération des génératrices rectilignes des surfaces du second degré dans un espace à un nombre quelconque de dimensions. On sait, et il a été établi par MM. Corrado Segre dans le Tome XXXVI des *Mémoires de Turin* (2ᵉ série), par M. Émile Borel dans les *Annales de l'École Normale* (1892), qu'on peut étendre à un espace à un nombre quelconque de dimensions la théorie des génératrices rectilignes des quadriques.

Si l'on considère, par exemple, l'équation quadratique *homogène*

$$\varphi(x_1, x_2, \ldots, x_{2n}) = 0,$$

contenant un nombre pair de variables, on peut toujours la ramener à la forme

$$p_1 x_1 + \ldots + p_n x_n = 0, \tag{3}$$

où les p_i, x_k désignent $2n$ fonctions linéairement indépendantes, et l'on obtient alors deux systèmes de génératrices rectilignes, l'un défini par des équations

$$p_i = \sum_k a_{ik} x_k, \tag{4}$$

où l'on a

$$a_{ik} + a_{ki} = 0; \tag{5}$$

l'autre, qui dériverait des équations (4) par l'échange d'une des quantités p_i avec la quantité correspondante x_i. Si, dans l'un ou l'autre système, on échange un nombre *pair* de quantités p_i avec les quantités de même indice x_i, on retombe sur une génératrice rectiligne de même système.

Supposons au contraire qu'on envisage une relation quadratique homogène, à un nombre impair de variables,

$$\varphi(x_1, x_2, \ldots, x_{2n+1}) = 0,$$

on pourra la ramener à la forme

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 + \ldots + p_n x_n + x_{n+1}^2 = 0, \tag{6}$$

et l'on n'obtiendra cette fois *qu'un seul* système de génératrices rectilignes, défini, par exemple, par les formules

$$\left\{\begin{aligned} p_i &= \sum a_{ik} x_k, \\ x_{n+1} &= \sum a_{n+1,k} x_k \end{aligned}\right. \tag{7}$$

avec les conditions

$$a_{ik} + a_{ki} = 0. \tag{8}$$

Au reste, ce cas se ramène au précédent si l'on identifie l'une des quantités p_i avec la quantité de même indice x_i.

Ces explications préliminaires aideront le lecteur à mieux comprendre la méthode que nous allons employer.

3. Revenons au système (1) qui admet l'intégrale quadratique

$$\sum x_i^2 = \text{const.}$$

Comme dans le cas où $n = 4$, nous ne considérerons que les solutions du système pour lesquelles on a

$$\sum x_i^2 = 0. \tag{9}$$

On verra facilement qu'elles fourniront sans intégration nouvelle la solution générale.

Pour éviter l'emploi des imaginaires, je supposerai qu'on ait ramené la relation (9) à la forme (3), dans le cas où le nombre des variables est pair, à la forme (6) si le nombre des variables est impair. Envisageons d'abord la première hypothèse, et supposons que la relation (9) ait été réduite à la forme

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 + \ldots + p_n x_n = 0. \tag{10}$$

Le système (1) pourra alors s'écrire comme il suit :

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum \alpha_{ik} x_k + \sum a_{ik} p_k,$$
$$\frac{dp_i}{dt} = \sum \beta_{ik} p_k + \sum b_{ik} x_k.$$

et, pour qu'il puisse admettre l'intégrale (10), il faudra qu'on ait

$$\alpha_{ik} + \beta_{ki} = 0, \qquad a_{ik} + a_{ki} = 0, \qquad b_{ik} + b_{ki} = 0.$$

On pourra donc lui donner la forme

$$\left\{\begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} &= \sum \alpha_{ik} x_k + \sum a_{ik} p_k, \\ \frac{dp_i}{dt} &= -\sum \alpha_{ki} p_k + \sum b_{ik} x_k, \end{aligned}\right. \tag{11}$$

les α_{ik} étant des fonctions quelconques de t et les a_{ik}, b_{ik} étant, au contraire, assujetties à vérifier les conditions

$$(12) \qquad a_{ik}+a_{ki}=0, \qquad b_{ik}+b_{ki}=0,$$

pour toutes les valeurs des indices i et k.

4. Cela posé, je considère une génératrice rectiligne de la quadrique, définie par les équations

$$(13) \qquad p_i=\sum_k u_{ik}x_k. \qquad (i=1, 2, \ldots, n)$$

avec les conditions

$$(14) \qquad u_{ik}+u_{ki}=0,$$

et je vais déterminer les u_{ik} par la condition que *la génératrice porte le plus grand nombre possible de solutions du système* (11).

Pour cela, je remarque que, si l'on substitue les valeurs des p_i dans la première des équations (11), on obtient d'abord un système

$$(15) \qquad \frac{dx_i}{dt}=\sum_k \mathrm{H}_{ik}x_k,$$

où l'on a

$$\mathrm{H}_{ik}=\alpha_{ik}+\sum_\mu a_{i\mu}u_{\mu k},$$

de sorte que, si les u_{ik} sont connues, les x_i devront déjà satisfaire au système (15). Pour qu'ils restent les plus généraux possibles, il faudra donc que les autres équations, celles qu'on obtient en portant les valeurs des p_i dans la seconde équation (11), soient identiquement vérifiées. On est ainsi conduit, par un calcul facile, aux équations

$$(16) \qquad \frac{du_{ik}}{dt}=\sum_\mu (\alpha_{\mu k}u_{\mu i}-\alpha_{\mu i}u_{\mu k})+b_{ik}+\sum_\mu\sum_{\mu'} a_{\mu\mu'}u_{\mu i}u_{\mu' k},$$

qui détermineront les quantités u_{ik} et qui sont en même nombre que ces inconnues.

5. Appliquée au cas où $n=2$ et aux deux systèmes de génératrices, cette méthode fournirait les résultats de notre première Communication. Envisageons maintenant l'hypothèse $n=3$.

La relation identique deviendra ici

$$p_1x_1+p_2x_2+p_3x_3=0.$$

Pour ne pas compliquer les notations, nous remplacerons u_{32}, u_{13}, u_{21} respectivement par v_1, v_2, v_3. Nous aurons alors les équations d'une génératrice

$$(17)\qquad p_1 = v_2 x_3 - v_3 x_2, \qquad p_2 = v_3 x_1 - v_1 x_3, \qquad p_3 = v_1 x_2 - v_2 x_1,$$

puis la formule (16) donnera

$$(18)\qquad \frac{dv_1}{dt} = b_{32} + \alpha_{11} v_1 + \alpha_{12} v_2 + \alpha_{13} v_3 - v_1(\alpha_{11} + \alpha_{22} + \alpha_{33} + a_{23} v_1 + a_{31} v_2 + a_{12} v_3)$$

et les deux équations analogues.

Posons

$$v_i = \frac{V_i}{V}$$

et déterminons V par la condition

$$\frac{dV}{dt} = (h + \alpha_{11} + \alpha_{22} + \alpha_{33})V + a_{23} V_1 + a_{31} V_2 + a_{12} V_3;$$

h étant une fonction arbitraire dont on pourra disposer à volonté, nous serons ramenés au système suivant :

$$(19)\qquad \begin{cases} \dfrac{dV}{dt} = (h + \alpha_{11} + \alpha_{22} + \alpha_{33})V + a_{23} V_1 + a_{31} V_2 + a_{12} V_3, \\ \dfrac{dV_1}{dt} = b_{32} V + (h + \alpha_{11}) V_1 + \alpha_{12} V_2 + \alpha_{13} V_3, \\ \dfrac{dV_2}{dt} = b_{13} V + \alpha_{21} V_1 + (h + \alpha_{22}) V_2 + \alpha_{23} V_3, \\ \dfrac{dV_3}{dt} = b_{21} V + \alpha_{31} V_1 + \alpha_{32} V_2 + (h + \alpha_{33}) V_3, \end{cases}$$

qui est linéaire, homogène et du quatrième ordre seulement. Mais ce système a perdu la propriété d'admettre une intégrale quadratique et, lorsqu'on en connaîtra les solutions, il restera encore à intégrer le suivant :

$$(20)\qquad \begin{cases} V\dfrac{dx_1}{dt} = (\alpha_{11} V + a_{12} V_3 - a_{13} V_2) x_1 + (\alpha_{12} V + a_{13} V_1) x_2 + (\alpha_{13} V - a_{12} V_1) x_3, \\ V\dfrac{dx_2}{dt} = (\alpha_{21} V - a_{23} V_2) x_1 + (\alpha_{22} V + a_{23} V_1 - a_{21} V_2) x_2 + (\alpha_{23} V + a_{21} V_2) x_3, \\ V\dfrac{dx_3}{dt} = (\alpha_{31} V + a_{32} V_3) x_1 + (\alpha_{32} V - a_{31} V_3) x_2 + (\alpha_{33} V + a_{31} V_2 - a_{32} V_1) x_3, \end{cases}$$

qui déterminera les solutions portées sur la génératrice rectiligne définie par les équations (17).

Cette réduction revient au fond à celle qui a été signalée par M. Vessiot à la page 334 de ce Tome.

6. La méthode que nous venons de suivre s'applique, presque sans modification, au cas où le nombre total des variables est impair. Alors on peut prendre pour la forme réduite de la relation quadratique l'expression

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 + \ldots + p_{n-1} x_{n-1} + x_n^2 = 0, \tag{21}$$

et il n'y aura qu'à supposer

$$p_n = x_n$$

dans les calculs précédents. La comparaison des valeurs de $\frac{dx_n}{dt}$, $\frac{dp_n}{dt}$ dans les formules (11) nous donnera les relations supplémentaires entre les coefficients

$$\alpha_{nk} - b_{nk} = 0, \qquad \alpha_{kn} + a_{nk} = 0. \tag{22}$$

Ici les équations (13) se partageront. On aura d'abord

$$p_i = \sum_k u_{ik} x_k \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1), \tag{23}$$

puis

$$x_n = \sum_k u_{nk} x_k. \tag{24}$$

Les équations (16) subsisteront sans modification; mais le système des équations (15)

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_k \mathrm{H}_{ik} x_k \tag{25}$$

pourra être ramené à ne contenir que les inconnues $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}$, la variable x_n étant fournie par l'équation (24).

Ainsi, dans le cas de cinq variables comme dans celui de six variables, on sera ramené à un système linéaire à quatre inconnues; mais le système complémentaire analogue au système (20) ne contiendra plus que deux inconnues.

7. Revenons maintenant au cas où il y a un nombre pair de variables et supposons $n = 4$; alors il y a six quantités u_{ik} et le système (16) se composera seulement de six équations. Il est vrai qu'il ne sera pas linéaire. Je n'examinerai pas comment, par l'addition de certaines inconnues, on par-

viendrait à le transformer en un autre système linéaire, et je me bornerai à faire remarquer ce fait curieux que, comparé au système primitif, il réalise un abaissement de l'ordre, puisque le système proposé se composait de huit équations à huit inconnues, tandis que le système (16) ne contient plus que six inconnues. Il est vrai qu'après l'avoir intégré, il restera encore à obtenir les solutions d'un système linéaire à quatre inconnues, le système (15); mais c'est précisément dans cette décomposition des difficultés du problème que réside l'intérêt de la méthode que nous avons suivie.

HYDRAULIQUE. — *Régime des fleuves*. Note de M. **Bouquet de la Grye**.

On lit, dans les Traités d'Hydraulique, que dans un cours d'eau les filets liquides sollicités par la pesanteur vont en ligne droite du point le plus haut au point le plus bas, et que le trajet s'effectue en un temps fonction de la pente.

Le fait n'est pas vérifié dans la pratique; un fleuve livré à lui-même se trace un lit sinueux, et ses sinuosités sont d'autant plus grandes que la pente est plus faible. Ce lit lui-même se divise en parties profondes que les ingénieurs appellent *mouilles* et en maigres. Les premières sont situées le long des rives concaves et les filets liquides ont là une vitesse minimum; les maigres sont intercalées entre les mouilles lors du passage du courant d'une rive à l'autre, la vitesse y est plus grande.

J'ai indiqué autrefois, dans une Note insérée aux *Comptes rendus* (1) et comme résultat d'expériences faites sur les tourbillons artificiels, que dans les courbes concaves les tourbillons engendrés par cette courbure soulèvent les grains de sable et de gravier du fond de la rivière et les font dériver en aval du côté convexe. La création des mouilles et des maigres est ainsi expliquée, mais non celle générale des sinuosités et de leur agrandissement lorsque la pente diminuait.

Un autre principe venait donc modifier l'action de la pesanteur, et je croyais être le premier à avoir pensé à celui de la moindre action, les filets liquides ayant une tendance à aller du côté où le frottement est minimum, c'est-à-dire où la profondeur est plus grande, ce qui est corrélatif de la longueur du cours d'eau.

Or j'ai trouvé, dans la préface d'un Volume publié récemment par

(1) 23 octobre 1876.

M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées Fargue, pareille intuition nettement formulée :

« Des rives, dit-il, présentant une série d'ondulations analogues constitueraient le lit théorique correspondant au minimum de frottements et de perte de force vive et, par conséquent, le plus favorable à la navigation. »

Son Livre, qui contient une étude très complète et très savante du cours de la Garonne, ouvre au point de vue de la moindre action des aperçus qu'il me sera permis d'indiquer. Le tracé sinusoïdal dont il montre pratiquement l'existence est le tracé normal, parce que à un même débit pour une longueur croissante du fleuve correspond une augmentation de profondeur qui intéresse beaucoup plus la navigation qu'une diminution de parcours, en raison du faible prix actuel du transport d'une tonne de marchandise [1]. Il y a d'ailleurs une distinction à faire entre les fleuves à entraînement de sable et de vase comme la Garonne et ceux dont les eaux sont claires. Pour ces derniers, les sinuosités diminuant les vitesses des eaux n'ont aucun inconvénient, ne provoquent pas de dépôts; on peut les exagérer. Pour les autres, il en est autrement; le fleuve doit se nettoyer lui-même et il a sa vie propre qui doit être étudiée soigneusement en vue de son amélioration.

En restant dans les généralités, disons que pour cela diverses règles s'imposent; elles pourraient être des têtes de chapitres.

1° Les améliorations seront poursuivies d'amont en aval, en prenant soin non de brusquer les courants, mais de se borner à les diriger.

2° Dans les rivières à entraînements et à débits variables, les courbures de la sinusoïde, indiquées par des digues, correspondront aux débits des petites crues. C'est à ce moment que le tracé s'affirme; au-dessus il disparaît et au-dessous de cette limite la vitesse des eaux n'est plus assez grande pour modifier le thalweg, qui persiste aux basses eaux.

Les digues courbes doivent être prolongées d'une certaine longueur droite pour épuiser par frottement la surélévation produite par la force centrifuge.

Aux embouchures des fleuves sujets à la marée, les rayons de courbure seront appropriés aux masses d'eau des petites marées de syzygies.

3° Il ne doit y avoir de digues que sur le côté concave des courbures. Le

(1) Un dixième de centime par tonne et par kilomètre lorsqu'il s'agit de navires à la mer.

fleuve trace lui-même ses limites en rongeant plus ou moins le côté convexe. Il doit avoir pour cela une certaine liberté. On sait par expérience le danger de la rupture des digues parallèles en cas d'inondation.

4° Pour augmenter la profondeur du fleuve, lors du passage d'une rive à l'autre, on fait usage d'épis qui en diminuent la largeur.

5° A l'embouchure des fleuves à marées le flot et le jusant suivent des routes différentes, traçant une espèce de 8; en amont les eaux épousent les mêmes sillons.

Si des progrès sérieux ont été faits pour l'amélioration des rivières, et particulièrement en France par le fait des études de M. Fargue, les anciens grands remueurs de terres avaient donné des exemples de leur ingéniosité.

Hérodote raconte que la reine Nitocris, pour la défense de Babylone et pour rompre la vitesse des eaux, fit tracer par ses ingénieurs un lit nouveau à l'Euphrate, de telle sorte que les bateliers en le suivant se trouvaient, en trois jours, trois fois en vue du même village. La longueur du fleuve était très augmentée, mais il en était de même de sa profondeur, et cela au bénéfice de la batellerie.

Il n'y a rien en toutes choses de tout à fait nouveau sous le Soleil.

PHYSIQUE. — *Sur les rayons magnéto-cathodiques.* Note de M. GOUY.

1. Comme je l'ai dit déjà (1), l'émission de rayons parasites par les parois électrisées de l'ampoule à gaz raréfié trouble souvent l'observation des phénomènes magnéto-cathodiques et magnéto-anodiques. J'ai pu y remédier en disposant à l'intérieur de l'ampoule une ceinture métallique continue, de 4^{cm} de hauteur, qui forme un cylindre dont l'axe est perpendiculaire au champ magnétique. Dans cet espace, absolument à l'abri des rayons émis par le verre, sont placées les électrodes et sondes, dont les dimensions sont beaucoup moindres (2). Les conditions expérimentales sont ainsi fort améliorées, sauf aux vides extrêmes où intervient d'ordinaire un état oscillatoire intense qui arrête les expériences.

(1) *Comptes rendus,* 22 février, 1909, p. 455.

(2) Les pièces métalliques doivent être fraîchement nettoyées au papier d'émeri. Les couches d'oxydes ou de dépôts divers qui se forment dans ces appareils produisent de mauvais contacts entre le métal et le gaz ambiant, ce qui trouble dans certains cas les phénomènes d'une manière grave et imprévue.

2. Je me suis proposé d'examiner quel rôle jouent les rayons magnéto-cathodiques dans le passage du courant à travers l'ampoule. S'il y a plusieurs anodes, dont les unes A reçoivent ces rayons, tandis que les autres B n'en reçoivent aucun, on constate que les premières recueillent la presque totalité du courant. Par exemple, on peut prendre pour anode B la ceinture métallique, et pour anodes A deux plaques placées tout contre elle, de 9^{mm} de largeur sur 20^{mm} de hauteur ([1]). Ces anodes A et B sont mises à la terre, ainsi que le pôle positif de la machine électrostatique. La cathode est un fil de 2^{mm} de diamètre sur 12^{mm} de hauteur, placé dans l'axe de l'ampoule, qui est un cylindre de 8^{cm} de diamètre. En faisant tomber les faisceaux magnéto-cathodiques sur les anodes A, on constate au galvanomètre qu'elles recueillent la presque totalité du courant, la ceinture n'en recevant, malgré ses grandes dimensions, qu'une petite fraction, qui peut aller de 2 à 10 pour 100, en augmentant avec le degré de vide. Si l'on fait tourner l'ampoule de façon que les faisceaux quittent les anodes A pour tomber sur la ceinture, c'est celle-ci qui recueille le courant, les anodes A n'en recevant plus que quelques millièmes.

L'effet se produit à tous les degrés de vide, depuis les pressions de l'ordre du millimètre où les faisceaux magnéto-cathodiques commencent à exister et montrent encore la lumière positive et l'espace obscur de Faraday, jusqu'au vide qui exige le voltage de 10000 au delà duquel les expériences n'ont pu être suivies.

3. Ces constatations m'ont amené à examiner la résistivité du gaz, au moyen de deux sondes formées de fils de $0^{mm},4$ de diamètre sur 8^{mm} de longueur, distants de 1^{mm}. Ces sondes sont reliées entre elles par un galvanomètre et une pile de voltage E, le tout formant un circuit bien isolé du sol. Les sondes sont remplacées (*a*) dans le faisceau magnéto-cathodique ([2]) ou (*b*) hors du faisceau, ou (*c*) on supprime le champ magnétique. Voici quelques résultats qui donnent une idée de ces expériences. La ceinture-anode est mise à la terre, la cathode est comme plus haut, et le voltage de l'ampoule est maintenu dans le champ à 1800 avec un courant de $0^{a},0005$. Les intensités sont données en micro-ampères, et l'on a retranché chaque fois le faible courant existant pour $E = 0$.

([1]) La couronne et la chute de potentiel anodiques sont ici insensibles.

([2]) Leur plan est normal au faisceau.

		E = 4^volts^,5.	E = 13^volts^,5.	E = 135^volts^.
Les sondes à 3mm de la ceinture.	(a)........	5,6	13,4	26,4
	(b)........	0,02	0,04	0,2
	(c)........	0,1	0,2	0,7
Les sondes à 12mm de la cathode ([1]).	(a)........	2,4	4,0	23,6
	(b)........	0,01	0,03	0,2
	(c)........	0,05	0,1	0,5

D'autres séries faites avec des vides moindres, ou supérieurs (jusqu'au voltage 10000), ont donné des résultats très analogues, la résistivité croissant un peu aux vides élevés.

On voit donc que, sur le faisceau magnéto-cathodique, le gaz est relativement bon conducteur, grâce sans doute à une ionisation intense. Hors du faisceau, le gaz est moins conducteur qu'en l'absence du champ, et il est aussi plus obscur. Il faut faire exception pour la couronne magnéto-anodique, où existe une ionisation intense, car les sondes y accusent une résistivité moindre encore que sur le faisceau ([2]).

On comprend dès lors que le faisceau magnéto-cathodique serve de passage à la presque totalité du courant, lorsqu'il se termine à une anode. Dans le cas contraire, le courant doit évidemment le quitter pour traverser le gaz ambiant, ce qui accroît la résistance de l'ampoule.

4. Lorsqu'il existe dans l'ampoule un diaphragme tel que le courant soit obligé de passer par une petite ouverture ([3]), il naît à cet endroit des rayons magnéto-cathodiques de striction, comme il s'y produirait des rayons cathodiques de ce nom en l'absence du champ magnétique. L'expérience se fait aisément en enfermant une électrode dans un ballon de verre percé d'une ouverture de 2mm, d'où part un faisceau magnéto-cathodique très brillant. Ce faisceau est émis dans une seule direction, celle où le potentiel électrique est croissant, fait à retenir au point de vue théorique ([4]).

([1]) L'espace obscur a près de 3cm à partir de la cathode, dans le champ magnétique, et sans les sondes.

([2]) Ce fait peut paraître surprenant, eu égard à la chute de potentiel qui existe à la couronne. L'étude de la région pré-anodique est encore à faire.

([3]) M. P. Villard avait déjà employé des diaphragmes percés devant la cathode pour obtenir des faisceaux limités (*Le Radium*, 1906).

([4]) Le champ électrique à l'ouverture étant un peu divergent, il en résulte que, lorsque la paroi est près d'être tangente aux lignes de force magnétiques, les directions du potentiel électrique croissant sont opposées pour les deux côtés de l'ouverture, et il y a deux faisceaux magnéto-cathodiques émis en sens opposés; l'exception n'est donc qu'apparente.

La grande valeur du gradient du potentiel électrique à l'ouverture est sans doute la cause de cette émission de rayons de striction, et l'on peut penser que cette cause doit agir de même partout où elle existe. C'est ce qui expliquerait l'émission de rayons magnéto-cathodiques qui se produit parfois à la couronne magnéto-anodique, quand elle est le siège d'une chute de potentiel considérable. Ces rayons sont le plus souvent à peine indiqués; mais, dans des circonstances favorables, ils forment un faisceau complet, ayant l'apparence d'un tube creux partant de la partie la plus lumineuse de la couronne, ou bien partent seulement de quelques points privilégiés, notamment de ceux où la couronne est interrompue par le tube de verre qui accompagne l'anode.

En présentant, dans la dernière séance, au nom de M. Lebeuf, le vingtième *Bulletin de l'Observatoire de Besançon,* M. **B. Baillaud** s'est exprimé en ces termes :

Ce *Bulletin* montre, après les précédents, un accroissement toujours plus rapide de l'activité de l'Observatoire. Les services que cet établissement, sous l'impulsion de M. Lebeuf, son directeur, rend à la fabrique de Besançon sont de plus en plus importants. Quelques chiffres relatifs aux concours le manifestent clairement. Tandis que de 1886 à 1891 le nombre des dépôts de montres et chronomètres était en moyenne de 228 par an, puis de 418 dans les huit années suivantes, 732 de 1900 à 1905, il s'est élevé à 1050 en 1908. La médaille d'or décernée 43 fois en 12 ans, de 1894 jusqu'en 1905, 20 fois en 1906, 43 fois en 1907, l'a été 48 fois en 1908. « L'élan est acquis, écrit M. Lebeuf dans l'avant-propos de son *Bulletin,* et l'horlogerie bisontine marche à grands pas vers les belles prouesses de sa sympathique voisine genevoise. »

L'examen des *Bulletins* annuels successifs montre en même temps que les concours deviennent de plus en plus sévères, et, dans un Rapport de 1907, l'éminent Directeur de l'Observatoire de Genève, après avoir constaté de la façon la plus aimable les succès obtenus à Besançon, indique qu'il conviendra de rendre plus sévères, à leur tour, les conditions des concours d'horlogerie suisse.

Il est très intéressant de signaler qu'un service de communication automatique de l'heure a été établi, à Besançon, à l'aide d'une pendule Fénon transformée par M. Leroy; 23 récepteurs sont à la disposition de la fabrique,

des régleurs et du public, et chacun d'eux enregistre sept signaux quotidiens. Ce service aussi simple qu'économique, établi grâce à la collaboration de l'Administration des Postes et Télégraphes avec l'Observatoire, est du plus haut intérêt pour la fabrique.

M. **Pierre Duhem**, faisant hommage à l'Académie de la Seconde Série de ses *Études sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu*, adresse la lettre suivante :

Deux des études que renferme cette seconde série ont déjà paru dans le *Bulletin Italien;* les deux autres sont inédites.

En l'étude intitulée *Nicolas de Cues et Léonard de Vinci*, nous nous sommes efforcé d'établir par de très nombreux rapprochements que Léonard avait lu et commenté la plupart des écrits du cardinal Nicolas de Cues; bon nombre des réflexions philosophiques que l'on rencontre éparses dans les Notes du grand peintre semblent avoir été suggérées par cette lecture; la vraisemblance d'une pareille supposition se transforme en quasi-certitude pour plusieurs remarques de Mécanique; en particulier, le curieux *jeu du globe*, qui avait fourni le prétexte et le titre d'un dialogue composé par Nicolas de Cues, conduit Léonard à la notion d'*impeto* composé, qu'il applique au changement de direction dans le vol des oiseaux et à divers autres problèmes de Dynamique.

L'étude qui a pour titre : *Léonard de Vinci et les origines de la Géologie* montre que toutes les réflexions de Vinci touchant la formation des fossiles et la stratigraphie ont un but unique : corroborer une théorie des petits mouvements du sol qu'Albert de Saxe avait enseignée, à l'Université de Paris, au milieu du XIVe siècle. Cette théorie n'avait jamais perdu la faveur ni de l'Université de Paris, ni des Universités allemandes, colonies de celle-ci; elle était, en revanche, presque universellement méconnue ou rejetée par les Universités italiennes. En cette circonstance, comme en beaucoup d'autres, Léonard prit parti pour l'opinion parisienne; il contribua de la sorte à assurer le triomphe des *Doctrines de Paris* sur les doctrines Averroïstes de Bologne et de Padoue, triomphe qui exerça une grande influence sur la renaissance des Sciences en Italie.

Les deux études intitulées : *Léonard de Vinci et les deux infinis*, *Léonard de Vinci et la pluralité des Mondes* nous montrent encore le grand peintre adoptant, en deux grands problèmes de Philosophie naturelle, des solutions

que favorisait la Scolastique parisienne de son temps. Ces deux problèmes, intimement liés l'un à l'autre, avaient depuis longtemps mis aux prises la Scolastique de Paris et la Philosophie d'Aristote et d'Averroès.

Cette Philosophie avait formulé les propositions suivantes : « L'Univers est formé d'une certaine matière première finie. Aucun acte destructeur ne peut anéantir aucune partie de cette matière, aucun acte créateur n'y peut rien ajouter. L'univers est formé de toute la matière première possible, en sorte que parler de l'existence d'un autre Univers serait énoncer une absurdité. Aucune grandeur ne peut être infinie, ni en acte, ni en puissance; nul volume ne peut surpasser le volume fini de l'Univers, nulle ligne droite ne peut être plus longue que le diamètre de l'Univers. »

En 1277, sur l'invitation du pape Jean XXI, et sous la présidence de l'évêque de Paris, Étienne Tempier, les théologiens de la Sorbonne se réunirent pour condamner, en la Philosophie d'Aristote et d'Averroès, toutes les affirmations qui leur semblaient contraires à l'orthodoxie catholique; parmi les articles réprouvés se trouvait celui-ci : « *Quod Deus non potuisset lures mundos facere* ».

Cette décision engageait les philosophes scolastiques à reprendre, sur nouveaux frais, les deux problèmes de l'infiniment grand et de la pluralité des mondes; cet engagement ne fut pas sans effet, car ces deux problèmes firent, dès lors, l'objet de débats d'une extrême importance.

Nous nous sommes efforcé de retracer l'histoire de ces débats depuis l'année 1277 jusqu'au temps de Léonard de Vinci.

Au sujet de la grandeur infinie, deux partis se forment à Paris.

Le premier de ces partis a pour chef le franciscain Richard de Middleton qui écrivait à la fin du XIIIe siècle; il compte dans ses rangs Guillaume d'Occam, Jean Buridan et Albert de Saxe. Ce parti admet seulement l'*infini syncatégorique;* seule, une grandeur finie peut avoir une existence actuelle; mais, une grandeur finie quelconque étant donnée, il peut toujours en exister une plus grande.

En face de cette école, se dressent les partisans de l'*infini catégorique;* le premier de ceux-ci est un autre franciscain, Jean de Bassols, disciple immédiat de Duns Scot; après lui, nous trouvons dans ce camp Grégoire de Rimini et Robert Holkot. La rigueur logique avec laquelle Grégoire de Rimini cherche à définir les mots *plus grand, plus petit, tout, partie,* lorsqu'il s'agit de quantités catégoriquement infinies a une parenté marquée avec la précision que, de nos jours, M. Georges Cantor a su introduire en la théorie des ensembles transfinis.

Touchant la pluralité des mondes, on peut, parmi les Parisiens, discerner les tenants de trois opinions.

Henri de Gand, qui fut sans doute un des juges de 1277, Richard de Middleton, vers 1280, puis, au XIVe siècle, Walter Burley et Guillaume d'Occam, croient à la possibilité d'univers multiples, mais en nombre fini.

Jean de Bassols et Robert Holkot vont plus loin et ne voient rien qui s'oppose à la possibilité d'une multitude infinie de mondes.

Enfin Jean Buridan et Albert de Saxe reviennent à l'opinion péripatéticienne : il ne peut exister qu'un seul monde.

Au début du XVIe siècle, l'école théologique qui a, à Paris, le plus d'influence paraît être celle de l'Écossais Joannes Majoris. Or, sur les deux problèmes qui nous occupent, Joannes Majoris tient pour les deux solutions les plus nettement anti-péripatéticiennes : la possibilité de l'infini catégorique et d'une multitude infinie de mondes.

Léonard semble avoir été plus timide; il paraît avoir admis seulement la possibilité de l'infini syncatégorique et de mondes multiples, mais en nombre fini.

Je serais heureux que l'Académie ne jugeât pas trop indignes de lui être offerts ces essais où nous cherchons à évoquer les premiers balbutiements de nos Sciences modernes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission qui sera chargée de présenter une liste de candidats au poste d'Associé étranger.

Cette Commission devra comprendre trois membres choisis dans la Division des Sciences mathématiques et trois membres dans la Division des Sciences physiques.

MM. **Darboux, Bouquet de la Grye, H. Poincaré; Ph. van Tieghem, A. Gautier, Ed. Perrier** réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. **Eugène Biver**, déférant au désir exprimé par sa mère, feu Mme Hector Biver, fille de M. *Pelouze*, fait hommage à l'Académie d'un buste en marbre du savant.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La Geometria non-Archimedea,* par Giuseppe Veronese. (Extrait des *Actes du VIe Congrès international des Mathématiciens,* Rome, 6-11 avril 1908.)

2° Le n° I du *Bulletin de l'Office international d'Hygiène publique.*

3° *De la nécessité urgente de créer un Laboratoire d'essais aérodynamiques destiné à fournir aux amateurs les éléments nécessaires à la construction des aéroplanes et de la manière d'organiser ce Laboratoire*, par S. Drzewiecki. (Présenté par M. Maurice Levy.)

4° *Des hélices aériennes. Théorie générale des propulseurs hélicoïdaux et Méthode de calcul de ces propulseurs pour l'air,* par S. Drzewiecki. (Présenté par M. Maurice Levy.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Comparaison des raies du spectre de l'arc électrique et du Soleil. Pression de la couche renversante de l'atmosphère solaire.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **H. Buisson**, présentée par M. Deslandres.

Les longueurs d'onde des raies, dans les spectres de lignes, croissent avec la pression du milieu où elles sont produites. Cette loi se vérifie pour les raies d'émission de l'arc et de l'étincelle, et pour les raies d'absorption, soit comme raies renversées de l'arc, soit comme raies d'absorption des gaz froids (vapeurs de brome et de peroxyde d'azote).

Le déplacement des raies permet donc de mesurer les variations de pression. En comparant les raies du spectre solaire avec les raies correspondantes de l'arc à la pression atmosphérique, on a un moyen d'évaluer la pression de la couche renversante, si toutefois aucun autre phénomène n'intervient.

Des comparaisons de ce genre ont été faites par Jewell en 1896 par mesure directe de clichés obtenus au moyen de réseaux. Il trouve que, pour la plupart des raies, les longueurs d'onde du spectre solaire sont un peu plus grandes, de quelques millièmes d'angström, indiquant dans l'atmosphère solaire une pression supérieure à la pression atmosphérique. Il y a toutefois de nombreuses anomalies : plusieurs raies présentent des déplacements de sens inverse, et il se trouve que ce phénomène se présente justement sur les raies qui ont la plus forte variation par la pression, et qui, par consé-

quent, auraient dû donner les plus forts déplacements vers le rouge en passant de l'arc au Soleil. Ces anomalies sont de nature à laisser quelque doute sur l'interprétation des déplacements observés.

Nous avons fait des comparaisons entre les raies de l'arc au fer et celles du Soleil en employant la méthode interférentielle que nous avons déjà utilisée, au moyen d'appareils que nous décrirons plus tard. Nos mesures ont été faites visuellement au delà de 5100, et par photographie entre 4000 et 4500. Nous avons utilisé seulement des raies fines du spectre solaire (intensité au plus égale à 8 dans la Table de Rowland), les mesures précises sur les raies larges étant impossibles. Nos mesures ont porté sur une soixantaine de raies.

Les déplacements observés sont très différents d'une raie à une autre. Dans la majorité des cas, quand on passe de l'arc au Soleil, on a un accroissement de longueur d'onde de quelques millièmes d'angström; mais d'assez nombreuses raies se comportent autrement. Les unes donnent un déplacement de même sens mais beaucoup plus grand, s'élevant jusqu'à 0,030 angström; les autres donnent un déplacement en sens inverse. Nos résultats numériques s'accordent avec ceux de Jewell, qui n'a étudié que la région des petites longueurs d'onde. Le déplacement par la pression ne suffit pas à expliquer ces résultats.

Ces différences s'expliquent par la manière dont se comportent les diverses raies dans l'arc électrique.

Aucune raie de l'arc n'est infiniment fine; les plus fines ont une largeur de l'ordre de quelques centièmes d'angström dans l'arc à la pression atmosphérique : elles cessent de donner des interférences pour une différence de marche d'environ 100000 longueurs d'onde. Cette largeur peut augmenter pour diverses causes, en particulier lorsqu'on accroît l'intensité du courant dans l'arc. Pour beaucoup de raies cet élargissement est symétrique par rapport à la position de la raie fine, et, lorsque la raie est renversée, la raie d'absorption occupe le milieu de la raie d'émission. Dans ce cas, l'élargissement de la raie ne donne lieu à aucune erreur systématique sur sa position. Ce sont précisément les raies de cette espèce qui montrent un petit déplacement vers le rouge lorsqu'on passe de l'arc au Soleil. Ce sont aussi ces raies qui, d'après les mesures de Humphreys et de Duffield, se déplacent peu quand la pression s'élève.

D'autres raies se comportent autrement : elles ont une tendance à un élargissement d'un seul côté, les unes vers le rouge, les autres vers le violet. Ces raies, même dans les conditions les plus favorables (faible courant et pression atmosphérique) sont moins fines que les autres; elles cessent d'interférer pour des différences de marche beaucoup plus faibles; par exemple la raie 5424 a une largeur de 0,1 angström et cesse d'interférer au delà du numéro d'ordre 30000; elle s'élargit fortement vers le violet

quand le courant augmente. La raie 6408 ne donne pas d'interférence au delà de 4000 longueurs d'onde, et s'élargit vers le rouge quand on augmente l'intensité du courant. Le pointé de la raie, soit qu'on observe directement le spectre, soit qu'on emploie les interférences, ne donne pas la vraie position qu'aurait la raie si la cause de l'élargissement était supprimée. Ces raies ne se renversent pas facilement dans l'arc; tout porte à croire que la raie d'absorption occupe la place de la raie fine d'émission. Quand la raie est élargie, son milieu ne coïncide pas avec la raie d'absorption; c'est ce qui a lieu quand la pression augmente (Duffield).

Dans le spectre solaire, où elles existent sous forme de raies d'absorption, ces raies ne se distinguent ni par leur aspect ni par leur largeur, des raies de même intensité. En comparant les raies solaires avec les raies d'émission de l'arc, l'élargissement dissymétrique de celles-ci apporte une cause d'erreur, dont le signe dépend du sens de l'élargissement. Or il se trouve que toutes les raies s'élargissant vers le violet donnent des accroissements exagérés de longueur d'onde lorsqu'on passe de l'arc au Soleil. Ainsi, la raie 5424 donne un écart de 0,030 angström. Inversement, toutes les raies s'élargissant vers le rouge donnent un écart très petit ou négatif; la raie 6408 donne 0,020. Les raies de cette dernière espèce sont celles qui se déplacent le plus par la pression (groupe III de Duffield); mais elles ne peuvent servir à mesurer la pression dans l'atmosphère solaire, dont l'effet est masqué par l'élargissement dissymétrique de la raie dans l'arc.

En résumé, pour mesurer la pression de la couche renversante du Soleil, il faut se borner à utiliser les raies à élargissement symétrique.

Sur une vingtaine de raies de cette espèce entre 4000 et 4500, le déplacement, quand on passe du Soleil à l'arc, est, en moyenne, de 0,0064 angström; pour ces mêmes raies, le déplacement moyen dû à la pression est de 0,00145 angström par atmosphère. Il en résulte, pour la pression de la couche renversante, $4^{atm},5$ au-dessus de la pression atmosphérique. Sur une dizaine de raies entre 5100 et 5500 la différence moyenne entre le Soleil et l'arc est 0,0103, et le déplacement moyen dû à la pression est de 0,0024 par atmosphère, ce qui donne une pression de $4^{atm},5$ au-dessus de la pression atmosphérique.

Ces deux résultats bien concordants conduisent à cette conclusion que, dans la région de l'atmosphère solaire où se produit l'absorption par la vapeur de fer, la pression est de 5^{atm} à 6^{atm}.

Nous avons pu entreprendre ces recherches grâce à la subvention que l'Académie a bien voulu nous accorder sur le fonds Bonaparte.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certains systèmes triples orthogonaux.* Note de M. J. HAAG.

Dans une Note assez récente (*Comptes rendus*, 11 janvier 1909), M. Darboux a repris le problème de la détermination des systèmes triples orthogonaux, dont une famille au moins est composée de surfaces égales. Au moment de la publication de cette Note, j'étais en possession, depuis quelque temps, de résultats qui me semblent assez complets, relativement au second cas indiqué par M. Darboux à propos de cette question. Ce sont ces résultats que je me propose de résumer succinctement ici.

Appelons *système* (E) *tout système triple orthogonal dont les surfaces de paramètre ρ_2 sont des hélicoïdes de même axe et de même pas*. Un raisonnement géométrique simple montre que chacune des deux autres familles doit se composer de surfaces se déduisant de l'une d'elles par le mouvement hélicoïdal qui fait glisser sur eux-mêmes les hélicoïdes précédents (sauf si les hélicoïdes se réduisent à des surfaces de révolution, ce qui conduit au troisième cas examiné par M. Darboux).

Prenons alors pour axe des z l'axe commun aux surfaces ρ_2, et supposons que, par une homothétie convenable, on ait ramené leur pas commun à être égal à l'unité.

Les équations du système (E) le plus général satisfaisant à ces conditions peuvent alors être obtenues comme il suit. Soient θ et ω deux fonctions des variables α et β vérifiant le système

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial(\theta+\omega)}{\partial\alpha} = i\sin(\theta-\omega), \\[2mm] \dfrac{\partial(\theta-\omega)}{\partial\beta} = -i\sin(\theta+\omega). \end{cases}$$

On peut leur faire correspondre deux systèmes (E) de la manière suivante. Calculons la fonction λ définie par la quadrature

$$\lambda = \int \cos(\theta-\omega)\,d\alpha - \cos(\theta+\omega)\,d\beta.$$

Posons

$$\mu = -\frac{1}{2}(\lambda + \rho + \rho_1 + \rho_2).$$

Le premier système sera donné par les formules

$$(\mathrm{I})\quad\left\{\begin{aligned}
&\alpha=\rho_2,\qquad \beta=\rho_1-\rho,\\
&x=i\,\frac{e^{-i\mu}\dfrac{\partial\omega}{\partial\alpha}-e^{i\mu}\dfrac{\partial\theta}{\partial\alpha}}{2\cos\dfrac{\theta-\omega}{2}},\\
&y=\frac{e^{-i\mu}\dfrac{\partial\omega}{\partial\alpha}+e^{i\mu}\dfrac{\partial\theta}{\partial\alpha}}{2\cos\dfrac{\theta-\omega}{2}},\\
&z=\rho+\frac{1}{2}\Bigg[\operatorname{tang}\frac{\theta-\omega}{2}\,\frac{\partial(\theta-\omega)}{\partial\alpha}+\int\cos^2\theta\,d\beta-\left(\frac{\partial\theta}{\partial\alpha}\right)^2 d\alpha\\
&\qquad\qquad+\int\cos^2\omega\,d\beta-\left(\frac{\partial\omega}{\partial\alpha}\right)^2 d\alpha\Bigg].
\end{aligned}\right.$$

De plus, si l'on appelle θ', φ, ψ les angles d'Euler du trièdre trirectangle formé par les normales aux surfaces coordonnées, angles définis comme le fait O. Bonnet dans un Mémoire sur les surfaces orthogonales (*Comptes rendus*, t. LIV, p. 554 et 655), on a les relations très simples :

$$\sin\theta'=\frac{-1}{\cos\dfrac{\theta-\omega}{2}},\qquad \cos\theta'=i\operatorname{tang}\frac{\theta-\omega}{2},\qquad \psi=-\pi-\frac{\theta+\omega}{2},\qquad \varphi=-\frac{\pi}{2}-\mu.$$

Rien n'est plus facile que de vérifier que les trois angles ainsi définis satisfont au système découvert par O. Bonnet dans le Mémoire précité.

Enfin les β_{ik} et les H_i relatifs à ce système triple sont donnés par les formules :

$$\beta_{21}=\frac{\sin\dfrac{\theta+\omega}{2}}{\cos\dfrac{\theta-\omega}{2}},\qquad \beta_{12}=-\cos\frac{\theta-\omega}{2}\sin\frac{\theta+\omega}{2}-\frac{i}{2}\,\frac{\cos\dfrac{\theta+\omega}{2}}{\cos\dfrac{\theta-\omega}{2}}\,\frac{\partial(\theta-\omega)}{\partial\alpha},$$

$$\beta_{02}=-\cos\frac{\theta-\omega}{2}\cos\frac{\theta+\omega}{2}+\frac{i}{2}\,\frac{\sin\dfrac{\theta+\omega}{2}}{\cos\dfrac{\theta-\omega}{2}}\,\frac{\partial(\theta-\omega)}{\partial\alpha},\qquad \beta_{20}=\frac{\cos\dfrac{\theta+\omega}{2}}{\cos\dfrac{\theta-\omega}{2}},$$

$$\beta_{10}=-\frac{1}{2}\,\frac{\partial(\theta+\omega)}{\partial\beta}-i\operatorname{tang}\frac{\theta-\omega}{2}\cos^2\frac{\theta+\omega}{2},$$

$$\beta_{01}=-\frac{1}{2}\,\frac{\partial(\theta+\omega)}{\partial\beta}+i\operatorname{tang}\frac{\theta-\omega}{2}\sin^2\frac{\theta+\omega}{2},$$

$$H=\beta_{12},\qquad H_1=-\beta_{02},$$

$$H_2=-i\left\{\frac{1}{2}\,\frac{\partial^2(\theta-\omega)}{\partial\alpha^2}+\frac{1}{2}\operatorname{tang}\frac{\theta-\omega}{2}\left[\frac{\partial(\theta-\omega)}{\partial\alpha}\right]^2+\sin\frac{\theta-\omega}{2}\cos^3\frac{\theta-\omega}{2}\right\}.$$

Quant au deuxième système, il se déduira du premier en changeant α en $-\beta$, β en $-\alpha$ et ω en $-\omega$. On remplacera ensuite α par ρ_2 et β par $\rho_1 - \rho$.

On voit que les formules précédentes résoudraient d'une façon complète le problème de la détermination de tous les systèmes (E), si l'on savait intégrer le système (1). Or ce système est très connu. C'est celui dont dépend la recherche des surfaces à courbure totale constante (DARBOUX, *Théorie des surfaces*, t. III, p. 378). Donc *la détermination des systèmes* (E) *et celle des surfaces à courbure totale constante constituent, à des quadratures près, deux problèmes équivalents.*

D'un autre côté, si l'on se reporte à notre Note du 3 août 1908, on voit sans peine que *pour qu'une surface* (S) *puisse engendrer, par un déplacement hélicoïdal, une famille d'un système* (E), *il faut et suffit que les tangentes aux lignes de courbure d'un système appartiennent toutes au même complexe linéaire.* (La démonstration géométrique de cette propriété est d'ailleurs évidente.) Donc, *à des quadratures près, la recherche de ces surfaces* (S) *et celle des surfaces à courbure totale constante sont deux problèmes équivalents.* On obtient ainsi un lien assez curieux entre deux problèmes de géométrie qui semblent entièrement différents.

J'ai aussi démontré le théorème suivant :

Appelons système (B) *tout système triple orthogonal tel que les représentations sphériques des surfaces de la première famille se déduisent de l'une d'elles par une rotation autour d'un axe fixe, et que la représentation sphérique de chaque surface de la seconde famille soit de révolution autour de cet axe. Il existe un système* (E) *et un seul* (*à une homothétie près*) *qui a même représentation sphérique qu'un système* (B) *donné.*

J'ai cherché des exemples de systèmes (E) ou de systèmes (Σ). C'est ainsi que je me suis proposé de *trouver ceux de ces systèmes qui comprennent une famille de surfaces à courbure totale constante.* Ils sont obtenus par le déplacement hélicoïdal d'une surface à courbure totale constante (et égale à -1, à une homothétie près). Si l'on emploie les notations de M. Darboux (*Théorie des surfaces*, t. III, p. 378), la fonction ω qui permet de déterminer cette surface doit vérifier les deux équations

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial u^2} - \frac{\partial^2 \omega}{\partial v^2} = \sin\omega \cos\omega,$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial u}\frac{\partial \omega}{\partial v} - \operatorname{tang}\omega \frac{\partial^2 \omega}{\partial u\, \partial v} = a,$$

où a désigne une constante arbitraire. On peut montrer que ces deux équations admettent en commun une solution renfermant quatre constantes arbitraires autres que a, ce qui donne des systèmes (E) de Weingarten dépendant de cinq constantes arbitraires. Parmi eux, il y en a qu'on peut déterminer et étudier d'une façon très complète et dont M. Darboux a déjà indiqué l'élément linéaire (Darboux, *Systèmes orthogonaux*, t. I, p. 322). Ils se présentent comme solutions de différents problèmes, que nous n'indiquerons pas pour abréger. Les surfaces ρ sont des hélicoïdes d'axe Oz et de pas p, les surfaces ρ_1 des hélicoïdes d'axe Oz et de pas p', les surfaces ρ_2 des hélicoïdes d'axe Oz et de pas p''. De plus, les surfaces de chaque famille se déduisent de l'une d'elles par translation parallèle à Oz. Les équations de ce système peuvent s'écrire en coordonnées semipolaires :

$$\omega = -pp'p''\int\frac{d\alpha}{u} - (p\rho + p'\rho_1 + p''\rho_2),$$
$$z = \int u\,d\alpha + (p'p''\rho + p''p\rho_1 + pp'\rho_2),$$
$$r = \sqrt{u},$$

en posant

$$\rho + \rho_1 + \rho_2 = \alpha$$

et

$$\frac{du}{d\alpha} = 2\sqrt{-(u+pp')(u+p'p'')(u+p''p)}.$$

L'élément linéaire correspondant est

$$ds^2 = (p-p')(p'-p'')(p''-p)\left(\frac{u+p'p''}{p''-p'}d\rho^2 + \frac{u+p''p}{p-p''}d\rho_1^2 + \frac{u+pp'}{p'-p}d\rho_2^2\right).$$

Il se ramène aisément à la forme donnée par M. Darboux dans l'Ouvrage cité plus haut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des fonctions analytiques en dehors du cercle de convergence.* Note de M. **Paul Dienes**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans une Note précédente (¹) nous avons donné quelques résultats concernant les singularités des fonctions analytiques sur le cercle de convergence. En particulier, à l'aide de la sommation exponentielle de M. Borel,

(¹) 21 décembre 1908.

nous avons donné deux relations absolument générales se rattachant aux points singuliers d'ordre négatif (au sens de M. Hadamard) et aux pôles situés sur le cercle de convergence. Dans cette Note, nous allons généraliser ces deux résultats en nous servant de la représentation, due à M. Mittag-Leffler, d'une fonction analytique par une suite de polynomes ou, plus généralement, par une suite de fonctions entières.

A cet effet, remarquons tout d'abord que, théoriquement, le théorème déjà classique de M. Mittag-Leffler permet d'étudier les points singuliers situés sur la frontière de l'étoile principale, car il nous donne les valeurs de la fonction dans des points réguliers qui tendent vers ces points; mais, jusqu'ici, aucun résultat général n'était obtenu concernant ces points singuliers. Et, de plus, les fonctions $F_a(x)$ qui, pour $a = \infty$, s'approchent indéfiniment de la fonction analytique donnée, $f(x)$, sont des polynomes ou des fonctions entières de x; par conséquent, chacune de ces fonctions a une valeur bien déterminée dans tous les points du plan complexe.

En un point x_0, situé à l'intérieur de l'étoile, nous avons, d'après le théorème de M. Mittag-Leffler,

$$\lim_{a=\infty} F_a(x_0) = f(x_0).$$

2. Soit maintenant x_0 un point singulier situé sur la frontière de l'étoile ou, plus particulièrement, soit x_0 l'origine d'une demi-droite exclue. Un problème général se pose :

Quelles relations existent entre la suite

$$\lim_{a=\infty} F_a(x_0) \tag{1}$$

et la nature de la singularité de $f(x)$ au point x_0?

En particulier, cheminant vers un point singulier x_0, la valeur de la fonction peut tendre vers une limite finie et bien déterminée, comme dans le cas d'un point critique algébrique d'ordre négatif. Est-ce que la suite (1) tend vers la même limite?

Ou bien, supposons que x_0 soit un pôle de la fonction $f(x)$. Est-ce qu'en choisissant une représentation déterminée, la croissance de la suite (1) est en rapport avec la croissance de la fonction au voisinage du point x_0 et, de plus, est-ce qu'elle permet de déterminer les coefficients de la partie principale, c'est-à-dire caractériser complètement la singularité?

3. Nous allons voir que la réponse est affirmative.

Pour cela nous généralisons la notion du point singulier d'ordre négatif (définie par M. Hadamard pour le cercle de convergence), de sorte qu'elle s'applique aux points de l'étoile, origines des demi-droites exclues. Notre définition embrasse, par exemple, les points critiques algébriques et les points critiques à la fois algébriques et logarithmiques, où la fonction ne devient pas infinie.

Remarquons enfin que, d'après cette définition, en cheminant le long du vecteur Ox_0 vers un tel point singulier x_0, la fonction tend vers une limite bien déterminée qui peut être appelée la *valeur de la fonction* en ce point singulier.

Cela posé, nous pouvons énoncer les théorèmes suivants :

La somme exponentielle de M. Borel (qui est, au fond, une représentation par une suite de fonctions entières) *tend en tous les points d'ordre négatif du polygone de sommabilité* (sommets exclus) *vers la valeur de la fonction en ce point singulier.*

Plus généralement :

En chaque point singulier d'ordre négatif de l'étoile principale, les valeurs des fonctions entières

$$(2) \qquad E_a(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty} a_n \left(\frac{x}{\frac{1}{n^a}}\right)^n,$$

introduites par M. Lindelöf ([1]), *tendent vers la valeur que prend, en ce point singulier, la fonction $f(x)$ définie par*

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n.$$

On peut donc écrire

$$\lim_{a=\infty} E_a(x_0) = \lim_{x=x_0} f(x),$$

et cette relation est, en quelque sorte, l'extension à l'étoile d'un théorème d'Abel. Remarquons encore que c'est la simplicité extrême du développement (2) qui nous permet d'établir cette proposition.

4. Passons maintenant aux pôles de la fonction définie par l'égalité

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n.$$

([1]) E. Lindelöf, *Calcul des résidus*, 1905, p. 124.

M. Mittag-Leffler (¹) a donné dans l'étoile principale une représentation de cette fonction qui peut être considérée comme la généralisation de la somme exponentielle de M. Borel.

Soit en effet

$$E(a) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \alpha_n a^n$$

une fonction entière satisfaisant aux conditions exigées par le théorème, par exemple la fonction

$$E_\beta(a) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \left[\frac{a}{\log(n+\beta)}\right]^n \qquad (\beta > 1)$$

donnée par M. Lindelöff.

Le théorème en question peut s'écrire

$$f\mathrm{A}(x) = \lim_{a=\infty} \frac{\sum_{n=0}^{\infty} s_n \alpha_n a^n}{\sum \alpha_n a^n}$$

ou bien

$$f\mathrm{A}(x) = \lim_{a=\infty} F_a(x),$$

où $F_a(x)$ est une fonction entière, a un nombre positif.

La fonction sommatrice $E(a)$ une fois choisie, posons

$$\frac{E^{(k)}(a)}{E(a)} = f_k(a),$$

où l'indice supérieur est le signe de dérivation.

Cela posé, notre résultat général, relatif aux pôles, s'énonce comme il suit :

Si x_0 est un pôle d'ordre k à l'origine d'une demi-droite exclue,

$$(4) \qquad \lim_{a=\infty} \frac{F_a(x_0)}{a^k f_k(a)} = \frac{B_k}{k!}.$$

Donc la suite (1) formée en un pôle est en rapport direct avec la nature de la singularité envisagée. Elle nous décèle le degré du pôle et permet de déterminer successivement les coefficients B_k de la partie principale, donc de caractériser complètement la singularité en question.

(¹) MITTAG-LEFFLER, *Sur la représentation d'une branche uniforme d'une fonction monogène*, 5e Note (*Acta mathematica*, t. XXIX, 1905, p. 173).

Nous remarquons enfin que c'est l'analogie complète du développement (3) avec la somme exponentielle de M. Borel qui nous rend possible la démonstration du théorème (4).

AÉRONAUTIQUE. — *Équations fondamentales pour l'étude expérimentale des aéroplanes.* Note [1] de M. **D. Drzewiecki**, présentée par M. Maurice Levy.

Un aéroplane qui se déplace horizontalement dans l'air avec une vitesse V éprouve de la part de l'air une résistance dont les deux composantes sont : l'une sustentatrice P, verticale, faisant équilibre au poids de l'appareil; l'autre retardatrice R, horizontale et qui est équilibrée par la poussée du propulseur.

Cette résistance se compose d'une partie proportionnelle à l'incidence i, et exprimée par Pi, et l'autre due aux frottements et aux résistances passives de l'appareil, et qu'on peut exprimer par εV^2; on aura donc

$$R = Pi + \varepsilon V^2.$$

D'autre part, la composante P s'exprime par la relation simple admise généralement, $P = KSV^2 i$, où K est un coefficient empirique et S la surface.

Appelons F la puissance motrice et Q le coefficient de rendement du groupe moteur propulseur. On aura

$$QF = (Pi + \varepsilon V^2)V$$

ou, en éliminant V,

$$\frac{QF}{P} = \left(i + \frac{\varepsilon}{KSi}\right)\sqrt{\frac{P}{KSi}} = \left(\frac{i}{\sqrt{i}} + \frac{\varepsilon}{KSi\sqrt{i}}\right)\sqrt{\frac{P}{KS}}.$$

Pour trouver le minimum du rapport $\frac{QF}{P}$, il suffit d'égaler à zéro la dérivée première de cette fonction, par rapport à i. On trouve, ainsi que l'avait déjà montré le colonel Renard, que le minimum de puissance dépensée, par unité de poids porté, correspond au cas où la résistance due aux frottements et aux résistances passives de l'appareil est le tiers de la résistance due à

(1) Présentée dans la séance du 8 mars 1909.

l'incidence. On peut donc écrire

$$R = \left(Pi + \frac{Pi}{3}\right)V = \frac{4}{3}PiV,$$

et la puissance motrice devient, pour ce cas,

$$QF = \frac{4}{3}PiV.$$

Comme d'autre part

(1) $$P = KSV^2 i,$$

en remplaçant P par cette valeur on a

(2) $$F = \frac{4KSV^3 i^2}{3Q},$$

qu'on peut encore exprimer par

(2 *bis*) $$F = \frac{4PiV}{3Q}$$

ou bien par

(2 *ter*) $$F = \frac{4P^{\frac{3}{2}}\sqrt{i}}{3Q\sqrt{KS}},$$

dans laquelle la vitesse n'entre pas; c'est donc l'expression de la puissance motrice dépensée à une vitesse constante exprimée par $V = \sqrt{\frac{P}{KSi}}$.

De ces équations on tirera la valeur de la surface portante soit à une vitesse constante, soit à poids porté constant

(3) $$S = \frac{16P^3 i}{9KQ^2F^2}$$

ou bien

(3 *bis*) $$S = \frac{3QF}{4KV^3 i^2}.$$

La puissance motrice, par kilogramme porté, sera donnée par

(4) $$\frac{F}{P} = \frac{4iV}{3Q}$$

et, par mètre carré de surface,

(5) $$\frac{F}{S} = \frac{4KV^3 i^2}{3Q}.$$

L'incidence optima sera exprimée par

$$(6) \qquad i = \frac{3QF}{4PV},$$

ce qui donne, pour l'expression du coefficient Q,

$$(7) \qquad Q = \frac{4PiV}{3F}.$$

De l'équation (1) nous pouvons tirer la valeur de K, le coefficient de *portée*, que nous appelons ainsi pour le distinguer du coefficient de *poussée* Q :

$$(8) \qquad K = \frac{P}{SV^2 i}.$$

Dans les circonstances actuelles il est très difficile, sinon impossible, de déterminer, par l'expérience directe sur un aéroplane, la valeur du coefficient de poussée Q; de même le coefficient de portée K ne peut se mesurer que dans un laboratoire aérodynamique de très grandes dimensions; mais il est possible dès maintenant de déterminer, par des expériences directes sur des aéroplanes, le coefficient d'utilisation global ou intégral U, qui est le produit de K par Q, car on a

$$(9) \qquad U = KQ = \frac{4P^2}{3VSF}.$$

En mesurant la vitesse d'un aéroplane par calme plat, connaissant les valeurs de P, S et F, déterminé au frein, on peut rigoureusement calculer U. Si l'on parvenait à déterminer encore une ou deux des valeurs qui sont exprimées par les neuf équations ci-dessus, comme par exemple l'incidence i, au moyen de la photographie, ou le coefficient Q par des essais préliminaires dans un laboratoire (mais non pas au point fixe), on connaîtrait exactement tous les éléments de l'aéroplane se déplaçant horizontalement et utilisant dans les meilleures conditions possibles la puissance de son moteur.

Les équations ci-dessus qui ont été déduites, sans le secours d'aucune hypothèse, en se basant uniquement sur une formule établie et reconnue vraie, peuvent donc être considérées comme absolument rigoureuses, et elles nous paraissent appelées à rendre de grands services à l'étude expérimentale des aéroplanes.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur les mesures du coefficient de la résistance de l'air effectuées au moyen d'expériences faites en aéroplane.* Note [1] de M. A. ÉTÉVÉ, présentée par M. G. Humbert.

Les aviateurs ont profité des expériences pratiques faites en aéroplane pour déterminer la valeur du coefficient k de la résistance de l'air; ils ont trouvé un nombre dix fois plus grand que le nombre donné par les physiciens.

Une si grande différence doit provenir nécessairement d'une erreur faite par les uns ou par les autres; les aviateurs ont invité les physiciens à serrer de plus près leurs données expérimentales. Les expériences les plus récentes semblent avoir donné raison à ceux-ci, et cependant ceux-là continuent à affirmer que l'air porte beaucoup plus qu'on ne croit; ils ne veulent pas reconnaître les lois établies et adoptées dans le monde savant.

Les seuls travaux de Lilienthal permettent de relever l'erreur commise par les aviateurs.

Il résulte des formules parues dans les *Comptes rendus* du 18 mars 1907 que le coefficient k est donné par la relation

$$k = \frac{PF(\alpha)}{Sv^2[\eta(\alpha) + \theta(\alpha)\tang\alpha]\sqrt{F^2(\alpha) + 2KF(\alpha)\sin\alpha + K^2}},$$

dans laquelle P représente le poids total de l'appareil, α l'angle d'attaque des surfaces de l'aéroplane qui parcourt une trajectoire rectiligne avec la vitesse constante v; K représente le rapport entre les grandeurs des surfaces nuisibles et utiles; $F(\alpha)$ est une fonction de l'angle d'attaque donnée par la relation

$$F(\alpha) = \frac{\eta(\alpha) + \theta(\alpha)\tang\alpha}{1 - \frac{\theta(\alpha)}{K\cos\alpha}};$$

$\eta(\alpha)$ et $\theta(\alpha)$ sont les fonctions de Lilienthal relatives à la surface sustentatrice.

Si nous appliquons ces formules à un vol de Lilienthal dans lequel une surface de 15^{m^2} ayant un poids de 100^{kg} parcourt une trajectoire rectiligne avec une vitesse de 10^m par seconde, l'angle d'attaque étant de $9°$, nous trouvons

$$k = 0,084 \quad [2].$$

---

(1) Présentée dans la séance du 8 mars 1909.

(2) Lorsque K est petit, on obtient une valeur très approchée de k en utilisant la formule

$$k = \frac{P}{Sv^2[\eta(\alpha) + \theta(\alpha)\tang\alpha]}.$$

Si nous prenons les vols cités par M. le capitaine Ferber, nous obtenons les résultats suivants, en assimilant les surfaces sustentatrices à des surfaces de Lilienthal :

Premier vol (Chanute).

$P = 82^{kg}$, $S = 12^{m^2},5$, $v = 7^m,50$, $\alpha = 9^o,50$;
Résultat : $k = 0,14$.

Deuxième vol (Ferber).

$P = 135^{kg}$, $S = 30^{m^2}$, $v = 7^m,50$, $\alpha = 6^o,30$;
Résultat : $k = 0,113$.

Ces chiffres montrent que les expériences de laboratoire et les expériences faites en aéroplane conduisent à des valeurs de k très voisines, surtout si l'on remarque que les coefficients θ de Lilienthal sont trop faibles, ce qui fournit une valeur de k trop forte.

Ces résultats mettent également en lumière l'erreur commise par les aviateurs : en assimilant les surfaces sustentatrices à des plans minces, ils trouvent $k = \frac{P}{Sv^2\alpha}$; le nombre k ainsi trouvé ne représente pas le coefficient de résistance de l'air, mais le produit de ce coefficient par une certaine fonction de α qu'il est facile de déterminer; ce produit varie naturellement avec l'angle d'attaque et la qualité de la surface sustentatrice employée.

Les expériences faites jusqu'ici, avec des appareils munis de surfaces d'un même type frappées sous des angles d'attaque sensiblement égaux, ont montré que ce produit est sensiblement constant et a pour valeur moyenne 0,7 (Ferber).

Cette constante, qu'on peut appeler *coefficient de planement*, permet d'établir rapidement un projet d'aéroplane en assimilant les surfaces sustentatrices de cet appareil à des plans minces; mais il ne faut pas oublier qu'à un type nouveau de surfaces correspond un nouveau coefficient de planement; de même l'angle d'attaque ne doit pas varier entre des limites trop espacées.

Rappelons encore que la formule

$$N = \frac{PF(\alpha)}{\sqrt{F^2(\alpha) + 2KF(\alpha)\sin\alpha + k^2}}$$

montre que la pression supportée par la surface sustentatrice d'un aéroplane sans moteur est sensiblement constante et voisine du poids total de l'appareil, K étant en général petit [1].

[1] Les vols cités ci-dessus fournissent les résultats suivants : Lilienthal, $N = 98^{kg},8$; Chanute, $N = 81^{kg}$; Ferber, $N = 132^{kg}$.

De même, lorsque l'aéroplane est muni d'un moteur fournissant un effort de traction F, *la pression supportée par la surface sustentatrice est sensiblement égale à la résultante de la force* F *et du poids total de l'appareil.*

Cette conséquence est une généralisation du théorème de Ferber; elle s'applique non seulement aux aéroplanes « très fins », mais à toute espèce d'aéroplanes; le résultat serait absolument le même si l'aéroplane naviguait dans un milieu plus ou moins résistant que l'air, pourvu que K soit petit.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la décomposition de l'eau par les sels de radium.* Note de M. **A. Debierne**, présentée par M. A. Haller.

Un grand nombre de renseignements sur la décomposition de l'eau par les sels de radium, découverte par M. Giesel, ont été donnés par M. Ramsay. Celui-ci a montré que la composition du gaz dégagé spontanément par une solution de sel de radium ne correspondait pas à la formule $H^2 + O$ et qu'il y avait un excès d'hydrogène; il a observé la même décomposition par l'action de l'émanation sur l'eau; il a indiqué aussi que les rayons pénétrants du radium ne produisaient pas la décomposition. Enfin, dans une Communication récente [1], M. Ramsay a observé qu'une solution contenant une quantité relativement considérable de bromure de radium avait presque complètement cessé de dégager le mélange d'hydrogène et d'oxygène; cependant, cette même solution avait donné lieu auparavant à un dégagement régulier pendant un temps très long.

J'ai eu l'occasion, à plusieurs reprises, d'observer la décomposition de l'eau dans une solution de sel de radium, et je n'ai jamais constaté d'anomalie semblable à celle indiquée par M. Ramsay, ni même une diminution importante dans le débit gazeux.

Par exemple, en 1905, j'ai pu observer la même solution de bromure de radium pendant une période de plus de 6 mois, et le débit gazeux a varié entre $0^{cm^3},385$ par jour et $0^{cm^3},378$. Dans le même intervalle une solution d'actinium donnait un dégagement variant de $0^{cm^3},171$ à $0^{cm^3},170$ par jour.

Enfin, dans ces derniers mois, j'ai pu observer une solution contenant une forte proportion de chlorure de radium et j'ai obtenu jusqu'à présent un débit régulier variant de $2^{cm^3},3$ à $2^{cm^3},4$ par jour. Ce qui correspondait en moyenne à un débit de 13^{cm^3} par jour et par gramme de radium.

---

(1) *Nature*, décembre 1908.

M. Ramsay indique comme cause possible de la cessation du dégagement gazeux un changement spontané dans les propriétés du radium.

Un changement aussi rapide dans les propriétés du radium est improbable, mais il n'est pas impossible d'expliquer par des phénomènes secondaires une diminution du dégagement gazeux produit dans une solution d'un sel de radium. Le fait, indiqué par M. Ramsay, qu'il existe un excès d'hydrogène dans le gaz dégagé nécessite l'absorption d'une partie de l'oxygène par la solution et par conséquent la formation de composés oxygénés. Ces composés peuvent s'accumuler dans la solution et provoquer l'absorption de l'hydrogène au moment de sa formation. Le dégagement gazeux pourrait ainsi se trouver fortement diminué.

Cependant, malgré le grand nombre d'expériences faites sur la décomposition de l'eau par le radium, on doit remarquer que la dernière observation de M. Ramsay est isolée, et aussi que la cessation du dégagement gazeux s'est faite brusquement d'une façon inopinée en 2 ou 3 semaines. Aussi je pense que dans les dernières expériences de M. Ramsay il a dû se produire quelque circonstance particulière qui a échappé à l'observation.

La décomposition de l'eau dans une solution de sel de radium pouvait être attribuée soit à une action directe du radium, de l'émanation ou de leurs produits de transformation, soit à l'action des divers rayonnements qu'ils émettent, rayons α, β et γ.

C'est cette dernière action qui paraît la plus probable. En effet, contrairement à l'indication de M. Ramsay, j'ai réussi à constater la décomposition de l'eau sans qu'il y ait contact entre l'eau et le sel ou l'émanation, simplement par l'action des rayons pénétrants β et γ ([1]).

L'expérience était disposée de la manière suivante. Une ampoule de verre scellée contenant une quantité importante de chlorure de radium pur était placée dans un tube de verre plongeant dans l'eau distillée. Le récipient contenant l'eau distillée qui communiquait avec un manomètre à mercure avait été complètement privé d'air. Les rayons agissant sur l'eau avaient déjà traversé le verre de l'ampoule et le verre du tube, soit une épaisseur totale de $0^{mm},5$. L'épaisseur d'eau autour du tube était de 12^{mm}.

L'augmentation de pression observée au manomètre était parfaitement régulière et presque exactement proportionnelle au temps. Dans une expérience ayant duré plusieurs mois j'ai pu cependant observer vers la fin une légère diminution progressive

---

([1]) J'ai déjà indiqué très brièvement ce résultat dans une conférence faite le 4 avril 1908 à la Société chimique de France, et publiée en juin 1908 au *Bulletin* de cette Société.

du débit gazeux. Le dégagement s'arrêtait complètement lorsqu'on retirait l'ampoule de radium. Le gaz obtenu, mis en présence de cuivre et d'oxyde de cuivre chauffés, et d'anhydride phosphorique, était complètement absorbé. Le débit a été en moyenne de $0^{cm^3},115$ par jour et par gramme de radium.

Dans cette expérience l'énergie nécessaire à la décomposition ne peut être empruntée qu'au rayonnement absorbé par l'eau. Cette énergie représente approximativement la dix-millième partie de l'énergie totale dégagée par le radium, si l'on suppose que le gaz dégagé a la composition $H^2 + O$. Cependant, comme les rayons α sont totalement absorbés par le verre, ainsi qu'une partie importante des rayons β, on peut penser que l'énergie absorbée par l'eau est seulement 1 pour 100 de l'énergie totale. Il en résulte qu'environ 1 pour 100 de l'énergie du rayonnement absorbé par l'eau a été transformé en énergie chimique.

Dans la solution de chlorure de radium dégageant 13^{cm^3} de gaz par jour et par gramme de radium, l'énergie utilisée pour la décomposition est environ 1 pour 100 de l'énergie totale. Si, d'après les indications de MM. Ramsay et Cameron, on calcule la proportion d'énergie utilisée dans la décomposition de l'eau par l'émanation, on trouve une proportion beaucoup plus forte.

D'ailleurs, si la décomposition est due uniquement à l'action des différentes espèces de rayons, la quantité de gaz dégagée devra dépendre essentiellement de la proportion des rayons absorbés par l'eau.

Le radium qui a servi dans ces expériences m'a été obligeamment prêté par Mme Curie.

RADIOACTIVITÉ. — *Action chimique sur l'eau des rayons pénétrants de radium.* Note de M. **Miroslaw Kernbaum**, présentée par M. Lippmann.

Dans la Note qui précède (p. 703) M. Debierne décrit l'effet décomposant sur l'eau des rayons β et γ de radium, sans contact entre le sel actif et l'eau.

Je me suis proposé d'étudier la composition du dégagement gazeux produit par l'action de ces rayons pour pouvoir juger si la proportion de l'oxygène à l'hydrogène est normale dans ce phénomène, ou s'il y a une surproduction de l'hydrogène analogue à celle qui a été signalée à plusieurs reprises par Sir W. Ramsay dans ses recherches sur la décomposition de l'eau distillée par l'émanation de radium.

Pour ces expériences que je poursuis dans son laboratoire, Mme Curie a eu l'obligeance de mettre à ma disposition une préparation de 100^{mg} de chlorure de radium presque pur. Le sel étant renfermé dans une ampoule de verre mince, les rayons traversaient ce verre, un espace de quelques millimètres d'air et la paroi en verre mince du récipient contenant l'eau distillée. L'action des rayons α était de cette façon parfaitement éliminée.

L'eau employée dans l'expérience avait été préalablement bouillie, introduite dans le récipient évacué jusqu'à $\frac{1}{200}$ de millimètre de pression, et toutes les précautions ont été prises pour réduire au minimum la quantité d'air dans l'apppareil.

La formation d'un produit gazeux n'a été constatée à l'aide d'un tube manométrique à mercure que trois jours après l'introduction du radium dans le tube intérieur du récipient rempli d'eau. Je suppose que le dégagement du gaz avait commencé immédiatement, mais n'avait exercé aucune pression sur la colonne de mercure avant d'avoir saturé l'eau, dont le volume était d'un décilitre environ.

Un mois après, l'ampoule de radium a été éloignée de l'appareil et les gaz recueillis au-dessus de la surface d'eau transportés dans un tube eudiométrique gradué et muni des électrodes en fil de platine.

Le volume de ces gaz, mesuré sous la pression atmosphérique, était de 200^{mm^3} environ. Quand l'étincelle électrique éclatait entre les électrodes de l'eudiomètre sous une pression réduite, on n'observait qu'une diminution minime du résidu gazeux recueilli. Mais, après avoir introduit une certaine quantité d'air dans le tube eudiométrique, on a observé au contraire, sous l'influence de l'étincelle, une diminution de volume qui ne peut être expliquée qu'en admettant que le gaz recueilli se composait presque exclusivement d'hydrogène.

Le contact des gaz recueillis avec la graisse des robinets avait été soigneusement évité au cours de ces essais, et l'appareil avant l'expérience avait été bien lavé à l'alcool absolu et à l'éther pour écarter toute cause d'absorption d'oxygène. Je me suis donc mis à la recherche de ce dernier.

En examinant l'eau retirée de l'appareil après l'essai, à l'aide de l'iodure de potassium et d'une solution très diluée d'amidon, j'ai trouvé de l'eau oxygénée dont la quantité semble même supérieure à celle calculée théoriquement.

Des expériences plus exactes sont actuellement en cours. Je me borne à résumer les résultats de cet essai préliminaire de la façon suivante :

Les rayons pénétrants de radium, en agissant sur l'eau distillée à travers le verre, dégagent de l'hydrogène et forment simultanément de l'eau oxygénée.

PHYSIQUE. — *Sur la question de l'émission et de l'absorption de lumière incomplètement polarisée dans un champ magnétique et sur le phénomène de Zeeman dans les spectres cannelés*. Note de M. **Jean Becquerel**, présentée par M. Poincaré.

I. Dans un Mémoire récent sur le phénomène de Zeeman dans certains spectres d'émission, M. A. Dufour énonce le résultat suivant (¹) :

« Les composantes qui présentent le phénomène de Zeeman longitudinal normal (²) donnent des doublets magnétiques dont les polarisations circulaires sont complètes et qu'on peut, par conséquent, complètement séparer à l'aide d'un analyseur bi-circulaire; au contraire, celles qui donnent le phénomène longitudinal anormal fournissent des doublets à polarisations circulaires incomplètes. »

J'ai déjà, à maintes reprises (³), fait observer que la règle de M. Dufour ne s'applique qu'aux spectres cannelés des vapeurs. Malgré mes remarques, M. Dufour, dans une Note récente (⁴), maintient la généralité de ses conclusions, pour le motif qu'il n'a jamais rencontré d'exception.

Un effet de même nature avait déjà été observé dans les spectres d'absorption des cristaux (⁵). Lorsque les spectres qui correspondent à deux vibrations circulaires de sens inverses sont juxtaposés, on remarque que, pour certaines bandes, chacune des composantes magnétiques est prolongée par une faible bande (résidu) dans le spectre voisin.

Mais, contrairement à la règle de M. Dufour, la polarisation complète, ainsi que la polarisation incomplète, s'observent aussi bien avec les bandes de l'une et de l'autre espèce. Je me bornerai aux exemples les plus caractéristiques : dans le xénotime (cristal possédant les bandes les plus fines), à -190°, les bandes $525^{\mu\mu},1$, $642^{\mu\mu},3$, $643^{\mu\mu},4$, $655^{\mu\mu},9$, $656^{\mu\mu},4$ (électrons négatifs) donnent un résidu, visible malgré la faible intensité de ces bandes. D'autre part, les bandes suivantes donnant l'effet magnéto-optique de sens contraire (hypothèse d'électrons positifs), $520^{\mu\mu},6$,

---

(¹) A. Dufour, *Le Radium*, t. V, p. 305.

(²) Sens prévu pour les électrons négatifs.

(³) Jean Becquerel et H. Kamerlingh Onnes, *Le Radium*, t. V, p. 235, et Jean Becquerel, t. V, p. 358.

(⁴) A. Dufour, *Le Radium*, t. VI, p. 44.

(⁵) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXLV, 19 août 1907, p. 415.

$521^{\mu\mu},5$, $524^{\mu\mu},20$, $650^{\mu\mu},6$, $658^{\mu\mu},1$, correspondent à une polarisation circulaire *totale :* quelques-unes de ces bandes sont à la fois fines et très intenses.

La généralisation trop hâtive des résultats obtenus dans le cas *très particulier* des spectres cannelés n'est donc pas conforme à l'expérience.

II. Un fait capital, observé par M. Dufour, est l'existence de l'effet Zeeman pour certains spectres cannelés. Mon père a, le premier, indiqué l'intérêt de cette découverte (1) et je crois utile d'ajouter quelques remarques.

Les raies des fluorures et chlorures alcalino-terreux possèdent un bord net suivi d'une portion de spectre continu dégradé. M. Ch. Fabry, qui a étudié en détail ces spectres, *a entrevu la résolution des portions de spectres continus en raies extrêmement serrées* (2) et a montré que les raies dissymétriques forment des *séries de têtes de bandes.*

Nous savons, grâce aux expériences de M. Dufour, que toutes les têtes des bandes d'une même série subissent la même modification. En est-il de même pour les raies constituant une seule et même bande? Je ne serais pas surpris que les changements de fréquence fussent les mêmes pour toutes ces raies; j'ai en effet observé avec les cannelures de l'yttrium que sous l'action d'un champ magnétique la partie continue dégradée *accompagne la tête* dans ses déplacements sans *se déformer.* Si cette partie dégradée est bien formée de raies serrées, il est probable que ces raies subissent le même changement de fréquence. Toutefois, il est impossible de rien conclure avec des bandes qui ne se résolvent pas nettement.

Il conviendrait donc d'étudier systématiquement l'effet Zeeman dans d'autres spectres cannelés; je signalerai tout particulièrement celui de la vapeur de sodium : les remarquables expériences de M. R.-W. Wood (3) ont déjà révélé, antérieurement aux recherches de M. Dufour, l'existence d'une rotation magnétique pour les radiations voisines des bandes du sodium, et, d'après la liaison aujourd'hui démontrée entre la polarisation rotatoire magnétique et le phénomène de Zeeman, ces bandes doivent être modifiées par le champ magnétique.

---

(1) « L'expérience de M. A. Dufour montre en outre que la cause qui régit la loi de succession des bandes dans les spectres de certains gaz n'est pas celle qui s'oppose à la manifestation du phénomène de Zeeman.... » Henri Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 27 janvier 1908, p. 156.

(2) Ch. Fabry, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 1581, et t. CXL, 1905, p. 578.

(3) R.-W. Wood, *Phil. Mag.*, t. XII, 1906, p. 499.

L'importance du problème soulevé résulte de la remarque suivante : Les raies d'une même bande sont liées par la loi de M. Deslandres; de plus, les têtes des bandes d'une même série sont liées aussi par une loi semblable. On peut donc penser que toutes les raies d'une même série sont dues à un même système. M. Deslandres a montré, pour le spectre du pôle négatif de l'azote (1), que l'ensemble des raies d'un même groupe de bandes peut être comparé à « l'ensemble des vibrations émises par une verge sonore qui est ébranlée fortement dans les deux sens et qui donne, à la fois, les sons simples, leurs harmoniques et les sons résultants additionnels. Cette comparaison conduit à supposer l'existence de deux mouvements vibratoires superposés. »

La question est donc de rechercher si la nature et la grandeur de l'effet Zeeman sont ou ne sont pas, pour les raies d'un même groupe de bandes, indépendants du mode de vibration.

ACOUSTIQUE. — *Utilité de la méthode graphique dans l'étude des instruments de musique anciens.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai eu l'occasion d'étudier quelques instruments de musique anciens venant du Pérou. Certains d'entre eux avaient été classés comme appartenant à la période précolombienne. J'ai pensé qu'il serait intéressant de déterminer, au moyen de la méthode graphique, les notes rendues par ces appareils; on connaît, en effet, suffisamment, à l'heure actuelle, l'histoire des diverses gammes pour qu'on puisse dire, d'après les notes qu'il donne, si un instrument est ancien ou moderne.

Expériences. — J'ai inscrit les vibrations au moyen de l'appareil qui m'a servi pour photographier les vibrations de la voix (2).

Résultats. — 1° *Trompes en terre* (collection Berthon). — Elles proviennent de Trujillo, au nord de Lima. Leur pavillon a la forme d'une bouche entr'ouverte. Elles donnent une sorte de beuglement qui produit sur l'oreille la sensation de la voyelle EU; graphiquement, on retrouve un tracé à deux périodes qui rappelle beaucoup celui de cette voyelle; il est irrégulier, car le son est loin d'être harmonieux; la note fondamentale pour l'une des trompes est si_2 à $+13$ vibrations près; pour l'autre, sol_2 à -6 vi-

(1) H. Deslandres, *Comptes rendus*, t. CIII, p. 379.

(2) M. Maurice Emmanuel et M. Lafleurance, premier flûtiste à l'Opéra, ont fait les mêmes déterminations avec l'oreille; les résultats ont toujours été concordants.

brations près; ces trompes sont donc des instruments de musique très imparfaits; il n'y a aucune raison d'acoustique qui empêche de les rattacher à la période précolombienne.

2° *Flûte de Pan* (collection Berthon). — Elle provient de Nazca, au sud de Lima; elle est en terre cuite vernissée et composée de 12 tuyaux fermés à une extrémité; ils sont d'inégale longueur et d'inégal diamètre; les longueurs sont en centimètres :

23; 18,2; 14,5; 11,5; 10,5; 8,3; 6,6; 5,3; 5,2; 4,5; 4,3; 4.

L'embouchure de ces tuyaux est elliptique; pour le plus long, les axes de ces embouchures ont 1^{cm} et $0^{cm},7$; pour le plus petit, $0^{cm},8$ et $0^{cm},6$.

Les notes sont les suivantes :

fa_2, la_2, $ut\sharp_3$, mi_3, $fa\sharp_3$,
la_3, $ut\sharp_4$, mi_4, fa_4, $fa\sharp_4$, $sol\sharp_4$.

Nous n'avons ici que onze notes parce que le dernier tuyau était cassé en partie. Comme M. Maurice Emmanuel pensait qu'on se trouvait en présence de deux gammes défectives, la_2 — la_3; la_3 — (la_4) allongées au grave d'une tierce majeure, correspondant à certaines formules mélodiques, j'ai fait refaire le dernier tuyau sur les dimensions indiquées par ce qui restait du tube primitif; or on a obtenu en effet un la_4.

Les notes sont assez justes; par exemple, nous trouvons $fa\sharp_3$, 367 v. d.; la_3, 434 v. d.; $ut\sharp 4$, 568 v. d.; fa_4, 693 v. d.; mi_4, 660 v. d.; la_4, 858 v. d., etc.

L'échelle de cette flûte de Pan (syrinx) peut donc être considérée comme une variante, dans le ton de *la*, à la fois défective et chromatique de l'échelle diatonique spécifiée plus haut, le chromatique étant réservé à la gamme la plus aiguë [1].

Comme il paraît absolument certain que la quinte est le facteur le plus universellement employé dans la construction des gammes hindo-européennes, il n'y a rien d'invraisemblable à retrouver en Amérique, à l'époque précolombienne, les gammes que nous venons d'étudier.

Il y a probablement hasard pour le la_3, à 434, mais la construction de l'échelle de la flûte de Pan dépend d'une loi de pratique générale qui ne paraît pas due au hasard seul.

3. *Chirimia* (collection Cesbron). — C'est un petit flageolet en terre cuite de $0^{cm},20$ de hauteur; sur l'instrument actuel il manque une partie de l'embouchure; on en a trouvé de semblables dans les fouilles faites au Pérou et au Mexique; les Aztèques l'appelaient *uilacapitzli*.

Il donne des notes voisines de : $ré\flat_5$, $mi\flat_5$, fa_5, sol_5, la_5.

C'est une sixte divisée en 5 tons maximes $(\frac{8}{7})$ mal calibrés.

---

[1] Le demi-ton chromatique existe entre les deux formes d'un même degré (*fa*, *fa*♯ : *ut*, *ut*♯). Le demi-ton diatonique existe entre deux degrés différents (*mi*, *fa*; *si*, *ut*).

Certaines mélodies de la tétralogie de Wagner sont construites sur une gamme défective analogue à la gamme de l'octave grave, *Les Filles du Rhin* et *L'Oiseau* notamment.

Il n'y a aucune raison acoustique empêchant cet instrument d'être authentique.

4. *Flûtes.* — Elles ont été trouvées dans un tombeau à Pachacamac, aux environs de Lima. Nous avons deux sortes d'instruments :

a. Une petite flûte traversière. — Elle a 29^{cm} de longueur et 1^{cm} de diamètre; elle est faite d'un roseau fermé à une extrémité et percée de trois trous latéraux; l'un d'eux sert d'embouchure.

Les notes fondamentales sont les suivantes :

$$ré\flat_3, \quad ré_3, \quad mi\flat_3.$$

On peut obtenir également en variant l'énergie de l'air insufflé :

$$ré\flat_4, \quad ré_4, \quad mi\flat_4,$$
$$la\flat_4, \quad la_4, \quad mi\flat_4.$$

Cette flûte peut appartenir à l'époque incasique.

b. Deux grandes flûtes absolument semblables entre elles. Elles ont 51^{cm} de longueur et $2^{cm},5$ de diamètre intérieur et sont formées d'un tube cylindrique en bois, ouvert à chaque extrémité et percé de 6 trous; l'une des extrémités, qui sert d'embouchure, porte une simple encoche rectangulaire dont la base est taillée en biseau.

Ces flûtes donnent toutes deux exactement les mêmes notes; ce sont les suivantes :

$$ré_3, \quad mi_3, \quad fa\sharp_3, \quad sol_3, \quad la_3, \quad si_3, \quad ut\sharp_4.$$

C'est notre gamme diatonique actuelle en *ré,* et les notes de cette flûte primitive sont aussi justes que celles des flûtes dont on se sert actuellement à l'Opéra. Le *la* a exactement 435 vibrations pour l'un des instruments et 440 pour l'autre.

Or, à Paris, le la_3 avait, en 1700, 405 v. d.; en 1855, il valait 448 en Italie et 455 à Londres; et ce n'est qu'en 1859 qu'on est convenu d'adopter en France 435. De plus, cette gamme, avec ses intervalles, semble absolument anormale à l'époque précolombienne. Il me paraît donc qu'il serait prudent de faire les plus expresses réserves sur l'antiquité de ces deux derniers instruments.

Conclusions. — Je pense que la méthode graphique, dans laquelle j'ai remplacé le levier rigide de Marey par un rayon lumineux, peut être très utile dans l'étude des instruments de musique anciens.

En employant ce procédé, il sera souvent possible d'échapper à certaines erreurs qu'un archéologue a parfois beaucoup de peine à éviter.

PHYSIQUE. — *Sur les forces électromotrices d'aimantation.* Note de M. V. **Posejpal**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai constaté dans un travail précédent [1] que la différence du potentiel entre les quadrants d'un électromètre, laquelle on observe en expérimentant

[1] *Rozpravy II tr. ceské Academie,* Prague, t. XVII, 1908, nº 14.

avec deux disques de zinc et fer, d'après la méthode primitive de Volta, s'accroît chaque fois que ces deux disques se trouvent dans un champ magnétique intense.

J'ai repris cette étude en me servant, selon le conseil de M. H. Pellat, d'un galvanomètre. Pour avoir un moyen de contrôler les résultats, j'ai pris trois métaux du commerce, sous forme de fils épais ($d = 1^{mm}$), fer, zinc et cuivre, les groupant en trois couples et formant de chacun de ces couples une pile thermo-électrique, laquelle, bien isolée par de la cire Golas, contenait cinq éléments reliés en tension par des soudures. Les soudures paires se trouvaient entre les pôles d'un électro-aimant sans les toucher directement. Le circuit galvanométrique, auquel chaque pile était reliée par deux soudures, était en cuivre, de même que l'interrupteur dont il était muni. Je désigne ce circuit d'une façon générale par (AB) s'il contient la pile formée des métaux A, B, et je compte les soudures en partant de l'interrupteur et cheminant dans le sens positif du circuit, défini comme celui qui va de l'interrupteur au métal A de la pile. Pendant les expériences, chaque pile était protégée thermiquement par de la glace fondante, de même que les pôles et parties voisines de l'électro-aimant.

Chaque expérience consistait dans l'évaluation de trois déviations permanentes du galvanomètre, n_1, n_2, n_3 : n_1 et n_3 en l'absence du champ magnétique; n_2 les soudures paires se trouvant dans un champ magnétique $\mathcal{H}$ très intense, le reste de chaque pile dans un champ à peu près nul. La position zéro du galvanomètre a été évaluée avant chaque lecture, de même que le moment où chaque lecture venait à être effectivement faite, avec une précision de $\frac{1}{10}$ de minute.

Les lectures n_1 et n_3 n'étaient pas généralement égales, différant plus ou moins selon le temps écoulé (en moyenne 4 minutes). J'en déduisais, en supposant une variation continue du courant en question, quelle serait la déviation en l'absence du courant magnétisant précisément au moment de la lecture n_2. J'appelle le résultat de ce calcul le *courant purement thermique* $5 i_{th}$. La différence $n_2 - 5 i_{th}$ est ce que j'appelle le *courant thermomagnétique* $5 i_{A|B}$. J'appelle de même le produit de $5 i_{th}$ ou $5 i_{A|B}$ par la résistance totale du circuit galvanométrique R la *force électromotrice purement thermique* $5 e_{th}$ ou la *force électromotrice d'aimantation* $5 e_{A|B}$.

Dans le Tableau ci-après sont exprimés : le champ magnétique en gauss, la résistance en ohms, les courants en 10^{-8} ampère et les forces électromotrices en 10^{-8} volt.

En dehors de ces expériences (Ire série), j'ai fait avec les éléments Fe Zn et Fe Cu deux nouvelles séries d'expériences.

Dans la deuxième série, j'ai mis dans le circuit galvanométrique un rhéostat et j'ai constaté, en opérant d'ailleurs comme dans la première série, que j'ai pu augmenter

la résistance du circuit galvanométrique jusqu'à 70Ω sans que les valeurs des courants thermomagnétiques $5 i_{A|B}$ changeassent sensiblement. Dans la troisième série, j'ai gardé la résistance primitive, mais j'ai transformé les piles FeZn et FeCu en piles en série. Les courants thermomagnétiques $5 i_{A|B}$ sont restés à peu près les mêmes que dans la première série. Ces deux résultats sont bien concordants et montrent que les forces électromotrices d'aimantation ne peuvent pas être considérées comme une simple modification des forces thermo-électriques.

	$\mathcal{H}$.	$5 i_{th}$.	$5 i_{A\|B}$.	$\mathcal{R}$.	$5 e_{th}$.	$5 e_{A\|B}$.	$5(e_{FeCu} + e_{CuZn} + _{FeZn})$.
(FeZn)....	4500	+ 8,5	+2,07	16,7	+147	+34,5	»
(CuZn)....	4500	− 9,7	−0,05	16	−155	− 0,8	»
(FeCu)....	4500	−20,9	+2,14	16	−334	+34,2	−1,1
(FeZn)....	7000	+ 6,1	+3,83	16,7	+102	+64,0	»
(CuZn)....	7000	−13,8	+0,48	16	−221	+ 7,7	»
(FeCu)....	7000	−28,2	+3,57	16	−451	+57,1	+0,8
(FeZn)....	10000	+ 7,3	+4,59	16,7	+122	+76,6	»
(CuZn)....	10000	−10,0	+1,02	16	−160	+16,3	»
(FeCu)....	10000	−20,7	+3,57	16	−331	+57,1	−3,2

Conclusions. — 1. La force électromotrice d'une pile thermo-électrique métallique change, si l'on excite dans le voisinage d'une série de soudures un champ magnétique intense. Ce changement n'est pas lié à la présence d'un métal ferromagnétique et il est indépendant de la direction du champ.

2. On peut supposer que ce changement est dû à une nouvelle force électromotrice; mais mes expériences ne suffisent pas à montrer si cette force électromotrice d'aimantation existerait encore dans le cas d'une uniformité absolue de la température.

3. Cette force électromotrice d'aimantation croît avec le champ magnétique, mais elle ne croît pas proportionnellement. Pour le couple Fe Cu, il semble qu'il doit y avoir un maximum; M. Chassagny a obtenu avec le même couple un résultat analogue, mais dans des conditions un peu différentes [1].

4. Cette force électromotrice d'aimantation est de sens opposé à la force purement thermo-électrique, si ce sont les soudures les plus chaudes qui se trouvent dans le champ; elle est de même sens dans le cas inverse. Le contraire semble être vrai seulement pour le couple Cu Zn et pour des champs relativement faibles. Ce résultat est d'accord avec ceux de MM. Lala et Fournier en ce qui concerne le couple Fe Cu [2].

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXVI, 1893, p. 977.
[2] *Comptes rendus*, t. CXXIII, 1896, p. 801.

5. Si l'on supposait que cette force électromotrice d'aimantation consiste principalement dans un changement de la différence de potentiel au contact, on obtiendrait pour cette grandeur une augmentation dans le champ magnétique pour Fe Zn et Fe Cu. Dans le cas de Cu Zn on obtiendrait d'abord une diminution, puis une augmentation. C'est d'accord avec mon travail antérieur ([1]).

6. Il résulte de la disposition de mes expériences que les forces $5e_{A|B}$ doivent satisfaire à la relation $5e_{Fe\,Cu} + 5e_{Cu\,Zn} - 5e_{Fe\,Zn} = 0$. La dernière colonne du Tableau montre que cette relation est suffisamment satisfaite. Les effets observés ne sont donc pas dus à des causes fortuites.

7. Le fait que les courants thermomagnétiques sont presque indépendants de la résistance semble indiquer qu'on ne peut pas les envisager comme provenant d'un simple changement de la force thermo-électrique par aimantation. C'est là la conclusion la plus importante de ce travail.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopie des colloïdes.* Note de M. **Jacques Duclaux**, présentée par M. Roux.

La pression osmotique qu'exerce une solution, et le point de congélation de cette solution, dépendent l'un de l'autre suivant une relation que la thermodynamique permet d'établir. Il existe un rapport constant entre la pression osmotique P, d'une part, et la différence Δ des points de congélation du solvant pur et de la solution, d'autre part. Si ce solvant est l'eau, si P est exprimé en mégabaryes (ou sensiblement en atmosphères) et Δ en degrés, la relation s'écrit

$$P = 12,2\Delta.$$

Je rappelle, sans chercher à lui donner une forme rigoureuse, en quoi consiste la démonstration de Van't Hoff ([2]). Le point de congélation de l'eau étant T° absolus, la solution considérée est refroidie à sa température de congélation $(T - \Delta)$; on y congèle 1g d'eau, ce qui fournit une quantité de chaleur q; puis la glace formée et ce qui reste de la solution sont réchauffés à T° : la glace est fondue en absorbant une quantité de chaleur que nous pouvons considérer comme égale à q ; puis le centimètre cube d'eau ainsi formé est réabsorbé par la solution à travers une cloison semi-perméable, ce qui fournit un travail numériquement égal à la pression osmotique P de la solution.

([1]) *Loc. cit.*

([2]) *Leçons de Chimie physique de Berlin*, trad. Corvisy, t. II, p. 50.

Le cycle étant réversible, la quantité de chaleur q a passé de la température T à $(T - \Delta)$; d'après le deuxième principe, le travail produit est, en appelant J l'équivalent mécanique de la calorie,

$$Jq\frac{\Delta}{T} = P.$$

Traduite en nombres, cette équation donne

$$P = 12,2\Delta.$$

Le raisonnement ne supposant rien sur la nature de la solution, la même relation doit se vérifier pour les solutions colloïdales [1]. L'expérience montre qu'il en est bien ainsi.

Le nombre de colloïdes se prêtant à cette étude est fort restreint; il faut que la pression osmotique soit supérieure à $\frac{1}{4}$ d'atmosphère pour que l'abaissement dépasse 0°,02, et peu de colloïdes donnent des pressions aussi fortes. Les nombres suivants se rapportent à des solutions d'hydrates de fer et de thorium :

	P (mégabaryes).	Δ observé.	Δ calculé.
Fe^2O^3 (I)...........	0,32	0,015	0,026
Fe^2O^3 (II)..........	0,21	0,020	0,017

	P (mégabaryes).	Δ observé.	Δ calculé.
ThO^2 (I)...........	0,465	0,039	0,038
ThO^2 (II)..........	0,54	0,043	0,044

La première expérience seule donne une différence notable, très supérieure à l'erreur d'expérience (0°,002) : j'y ai reconnu depuis des causes d'erreur qui ont été corrigées dans les suivantes. Ces dernières ont donné des résultats entièrement satisfaisants. Je rappelle qu'il ne s'agit ici que d'une vérification : elle semble suffisante pour admettre la généralité de la relation entre P et Δ.

Je dois cependant citer, comme ne s'accordant pas avec ce qui précède, une expérience de Malfitano et Michel [1], d'après laquelle une solution colloïdale exerçant

(1) En réalité, le phénomène est ici un peu plus compliqué, car la cloison semi-perméable est une membrane de collodion qui laisse passer non de l'eau pure, mais du liquide intermicellaire contenant des sels en dissolution. Il est facile de voir que la pression osmotique du colloïde par rapport au liquide intermicellaire (c'est ce que j'appelle ici P) est la différence de deux autres : la pression du colloïde par rapport à l'eau pure et celle de l'intermicellaire par rapport à l'eau pure. La relation entre P et Δ subsiste si Δ est aussi la différence entre les abaissements cryoscopiques du colloïde total et de l'intermicellaire.

une pression de 2^m d'eau aurait un abaissement cryoscopique inférieur à $0^\circ,005$; le nombre calculé était $0^\circ,016$. Le but de ces auteurs n'étant pas la comparaison des deux quantités, la pression osmotique n'a peut-être pas été déterminée très exactement. Dans mes expériences, le colloïde était maintenu au contact du liquide intermicellaire dans un thermostat à 0°. La pression osmotique a été déterminée à 0° également. Les déterminations cryoscopiques ont été faites avec les précautions indispensables aux mesures de précision.

La vérification de la relation entre P et Δ présente un certain intérêt et montre que les colloïdes ne sont pas, comme on le croit souvent, à l'écart de toute loi stœchiométrique. Le fait qu'on peut raisonner sur la pression osmotique d'un colloïde comme sur celle d'un électrolyte montre qu'il n'y a rien d'absurde à étendre aux colloïdes, avec les modifications convenables, les lois de la diffusion, par exemple, ou celles de la différence de potentiel au contact d'après Nernst. En tout cas, on peut déjà en tirer une conclusion relative à la valeur des déterminations cryoscopiques appliquées aux colloïdes. L'étude de la pression osmotique montre, en effet, que celle-ci n'est pas proportionnelle à la concentration. Ce qui précède montre qu'il doit en être de même de l'abaissement cryoscopique : Malfitano et Michel l'ont d'ailleurs déjà montré dans un cas particulier. On ne peut donc définir d'*abaissement moléculaire*, et les nombres qui ont été donnés comme représentant le *poids moléculaire* d'un colloïde n'ont probablement aucune valeur à ce point de vue. Leur signification est toute différente.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel isomère de l'indigo.* Note de MM. **A. Wahl** et **P. Bayard**, présentée par M. A. Haller.

On sait que dans les cétones la fonction — CO — communique aux groupements hydrocarbonés voisins une très grande aptitude réactionnelle. Celle-ci se retrouve d'une façon particulièrement nette chez le groupe CH^2 — d'un certain nombre de combinaisons hétérocycliques telles que les dérivés de la pyrazolone, de l'isoxazolone, de l'acide rhodonique, de la thiohydantoïne, etc. Ces composés réagissent en effet facilement avec les aldéhydes, les sels diazoniums, le chlorure d'isatine, l'acide nitreux, etc. Cependant, dans toutes ces molécules, le groupe méthylénique n'est pas voisin d'une fonction cétonique; le carbonyle avec lequel il est lié est en réalité celui d'une lactame ou d'une lactone.

On pouvait donc se demander si, en s'adressant à des molécules plus simples mais d'une constitution analogue, le groupement — CH^2 — jouirait encore de ces mêmes propriétés. C'est dans ce but que nous avons entre-

pris l'étude de la lactame de l'acide *o*-amidophénylacétique ou oxindol, parce qu'il présente une grande analogie avec les pyrazolones :

$$\begin{array}{ccc} \mathrm{C_6H_4}\!\!-\!\mathrm{C} - \mathrm{CH^2} & \qquad & \mathrm{R} - \mathrm{C} - \mathrm{CH^2} \\ \| \quad\ | & & \| \quad\ | \\ \mathrm{C} \quad \mathrm{CO} & & \mathrm{N} \quad \mathrm{CO} \\ \diagdown \ \diagup & & \diagdown \ \diagup \\ \mathrm{NH} & & \mathrm{NH} \end{array}$$

et aussi parce que la formation d'isatoxime sous l'influence des vapeurs nitreuses (Baeyer et Commstock, *D. chem. G.*, t. XVI, p. 1704) permettait de prévoir les propriétés négatives du groupement méthylénique.

Ces prévisions se sont trouvées entièrement vérifiées. C'est ainsi que l'oxindol se condense avec les aldéhydes aromatiques pour donner des composés colorés, bien cristallisés : le seul analysé jusqu'ici est celui obtenu avec le pipéronal qui se forme lorsqu'on chauffe à l'ébullition une solution du mélange équimoléculaire d'oxindol et d'aldéhyde dans 30 fois environ son poids d'alcool et ajoutant toutes les heures 1 goutte de pipéridine. Au bout de 6 à 8 heures, le produit se dépose cristallisé; après recristallisation dans l'alcool bouillant il constitue de longues aiguilles soyeuses jaune vif fondant à 228°-229° et dont l'analyse correspond à la formule

$$\begin{array}{l} \qquad\quad \mathrm{C} = \mathrm{CH} - \mathrm{C^6H^3}\langle{}^{\mathrm{O}}_{\mathrm{O}}\rangle\mathrm{CH^2} \\ \mathrm{C^6H^4}\langle\ \rangle\mathrm{CO} \\ \qquad\ \mathrm{NH} \end{array}$$

Cette réaction paraît très générale ; l'oxindol réagit par conséquent avec les aldéhydes comme le fait son isomère l'indoxyle en donnant naissance à une nouvelle série de combinaisons isomères des indogénides (Baeyer, *D. chim. G.*, t. XVI, p. 2197, et Nalting, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVII, p. 835), et pour lesquelles nous proposons le nom d'*iso-indogénides*.

$$\begin{array}{ccc} \mathrm{C^6H^4}\langle{}^{\mathrm{CO}}_{\mathrm{NH}}\rangle\mathrm{C} = \mathrm{CH} - \mathrm{R} & \qquad & \mathrm{C^6H^4}\langle{}^{\mathrm{C} = \mathrm{CH} - \mathrm{R}}_{\mathrm{NH}}\rangle\mathrm{CO} \\ \text{Indogénides.} & & \text{Iso-indogénides.} \end{array}$$

Ce fait nous a engagés à rechercher si les cétones fournissent avec l'oxindol des iso-indogénides correspondant aux indogénides qu'elles donnent avec l'indoxyle. Il était particulièrement intéressant de chercher à produire

la condensation de l'oxindol avec l'isatine, cette réaction devant fournir un nouveau colorant indigoïde. Cette condensation est des plus faciles :

On chauffe au bain-marie bouillant une solution de 1g,35 d'oxindol et 1g,5 d'isatine (soit $\frac{1}{100}$ de mol.) dans 30cm³ d'acide acétique à laquelle on a ajouté 0cm³,5 d'HCl concentré. La solution prend une teinte brune et la matière colorante ne tarde pas à se précipiter cristallisée ; après 2 à 3 heures la réaction est terminée, on laisse refroidir, essore, lave à l'alcool et à l'éther et l'on fait recristalliser dans l'acide acétique bouillant d'où le produit se dépose en aiguilles brun rouge à reflets jaunâtres. L'analyse conduit à la formule $C^{16}H^{10}N^2O^2$ d'un nouvel isomère de l'indigotine (¹) formé d'après :

$$C^8H^7NO + C^8H^5NO^2 = H^2O + C^{16}H^{10}N^2O^2$$

(rendement 85 pour 100 de la théorie).

L'iso-indogénide de l'isatine est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'éther, l'alcool, l'acide acétique, l'acide formique, l'aniline, le phénol, à froid, mais plus soluble à chaud; on peut le faire cristalliser dans l'alcool méthylique absolu en l'épuisant au Soxhlet (il faut 3 jours d'épuisement pour 1g de colorant) ; il forme alors de belles aiguilles plates, rouge grenat. La couleur de ses dissolutions est brun orangé avec une teinte de rouge. Chauffé sur la lame de platine, il ne fond qu'au-dessus de 350° en émettant des vapeurs jaunes; il se sublime dans le vide sans décomposition. Il est insoluble dans les solutions alcalines d'hydrosulfite, sa solution acétique est décolorée par l'addition de zinc en poudre. Sa constitution découle de son mode de formation même :

$$C^6H^4\langle {CH^2 \atop NH} \rangle CO + CO \langle {CO \atop NH} \rangle C^6H^4 = H^2O + C^6H^4 \langle {C \atop NH} \rangle CO\;CO \langle {C \atop NH} \rangle C^6H^4 \quad (C = C)$$

car si la condensation avait porté sur le carbonyle α de la pseudo-isatine il se serait formé de l'indirubine dont notre produit est entièrement différent. Comme certains doutes ont été émis relativement à la constitution de l'indirubine (²) et que ce fait pourrait enlever de la certitude à notre raisonnement, nous avons profité de l'occasion qui s'offrait à nous pour faire une nouvelle synthèse de l'indirubine, très démonstra-

(¹) Cette analyse a présenté de grandes difficultés par suite d'un déficit en carbone assez notable (0,9 à 1 pour 100), dû à la présence d'une petite quantité de matière minérale que des cristallisations répétées dans des solvants différents ont été incapables d'éliminer. Même avec des matières premières soigneusement recristallisées il subsistait dans le colorant environ 0,6 pour 100 de cendres et ces matières minérales sont encore légèrement entraînées pendant la sublimation dans le vide de la trompe à mercure à 260° sous 0mm,5. Le produit sublimé donne alors à l'analyse : C, 72,61 ; H, 4,07; N, 10,50; théorie : C, 73,28 ; H, 3,81 ; N, 10,70. Dans tous les cas, en faisant la correction due aux cendres les chiffres ont été théoriques.

(²) L. Maillard, *Bull. Soc. chim.*, t. XXIX, p. 757. — Vaubel, *Zeitschr. f. Farben- und Textil-Chem.*, t. I, 1902, p. 43.

tive. Celle-ci consiste dans la condensation du chlorure d'isatine avec l'oxindol dans les conditions décrites récemment par l'un de nous à propos des phénylisoxazolones ([1]). Le produit ainsi obtenu s'est montré absolument identique à l'indirubine préparée en condensant l'isatine avec l'acide indoxylique :

$$\mathrm{NH}\langle\begin{smallmatrix}\mathrm{CO}\\ \mathrm{C^6H^4}\end{smallmatrix}\rangle\mathrm{CH^2} + \mathrm{Cl}-\mathrm{C}\langle\begin{smallmatrix}\mathrm{CO}\\ \mathrm{N}\end{smallmatrix}\rangle\mathrm{C^6H^4} = \mathrm{HCl} + \mathrm{NH}\langle\begin{smallmatrix}\mathrm{CO}\\ \mathrm{C^6H^4}\end{smallmatrix}\rangle\mathrm{C}=\mathrm{C}\langle\begin{smallmatrix}\mathrm{CO}\\ \mathrm{NH}\end{smallmatrix}\rangle\mathrm{C^6H^4}.$$

Notre nouvel indigo, ou 3.3-*bis-indolindigo*, est le deuxième isomère chimique de l'indigotine que la théorie permettait de prévoir mais qui était resté inconnu jusqu'ici. Il constitue le premier terme d'une nouvelle série de matières colorantes indigoïdes symétriques qui peuvent se préparer en généralisant les réactions que nous venons d'exposer et dont nous poursuivons l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des éthers mésoxaliques avec les éthers phénoliques.* Note de MM. **A. Guyot** et **G. Estéva**, présentée par M. A. Haller.

L'acide sulfurique, dont nous avons indiqué l'emploi dans notre dernière Note ([2]) pour déterminer la condensation des carbures aromatiques avec les éthers mésoxaliques, peut également provoquer la condensation de ces mêmes éthers avec les éthers phénoliques : anisol, phénétol, etc.

La condensation s'effectue en deux phases, comme dans le cas des carbures aromatiques; on obtient, tout d'abord, un éther phényltartronique substitué :

$$\mathrm{RO.C^6H^4}-\mathrm{C}\begin{matrix}\diagup\mathrm{CO^2R}\\ -\mathrm{OH}\\ \diagdown\mathrm{CO^2R}\end{matrix}$$

puis, par une condensation plus profonde, un éther diphénylmalonique substitué :

$$\begin{matrix}\mathrm{RO.C^6H^4}\\ \mathrm{RO.C^6H^4}\end{matrix}\rangle\mathrm{C}\langle\begin{matrix}\mathrm{CO^2R}\\ \mathrm{CO^2R}\end{matrix}$$

En suivant le mode opératoire que nous avons décrit dans notre précédente Communication, on obtient, dans la plupart des cas, un mélange des

([1]) A. Wahl, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 352.

([2]) A. Guyot et G. Estéva, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 564.

deux composés qu'on sépare facilement par cristallisation ou par distillation fractionnée sous pression réduite ; toutes les tentatives faites pour limiter la réaction à la seule formation d'un éther phényltartronique ont échoué ; par contre, il est très facile d'obtenir uniquement un éther diphénylmalonique ; il suffit d'employer un excès convenable d'acide sulfurique et d'éther phénolique et de laisser agir plus longtemps les réactifs en présence.

Nous avons ainsi préparé :

Le *p*-méthoxyphényltartronate de méthyle $CH^3O\,C^6H^4\,COH\,(CO^2CH^3)^2$, longues aiguilles transparentes fondant à 118°.

Le bi-*p*-méthoxyphénylmalonate de méthyle $(CH^3O\,C^6H^4)^2\,C\,(CO^2CH^3)^2$, feuillets nacrés fondant à 90°.

Le *p*-éthoxyphényltartronate de méthyle $C^2H^5O\,C^6H^4\,C\,OH\,(CO^2CH^3)^2$, prismes transparents fondant à 112°.

Le bi-*p*-éthoxyphénylmalonate de méthyle $(C^2H^5\,O\,C^6H^4)^2\,C\,(CO^2CH^3)^2$, feuillets fondant à 118°.

Le bi-*p*-méthoxyphénylmalonate d'éthyle $(CH^3O\,C^6H^4)^2\,C\,(CO^2C^2H^5)^2$, paillettes brillantes fondant à 72°.

Le bi-*p*-éthoxyphénylmalonate d'éthyle $(C^2H^5\,O\,C^6H^4)^2\,C\,(CO^2C^2H^5)^2$, paillettes brillantes fondant à 92°5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la potasse caustique sur le bornéol, sur le camphre et sur l'isobornéol ; acide campholique racémique.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. A. Haller.

Les bornéols droit et gauche, chauffés entre 250° et 280° avec de la potasse caustique anhydre, se transforment en grande partie, ainsi que je l'ai montré (¹), en acides campholiques correspondants tandis qu'il se dégage de l'hydrogène

$$C^{10}H^{18}O + KOH = C^{10}H^{17}KO^2 + H^2.$$

Des produits de la réaction j'avais extrait, en outre de l'acide campholique, un produit neutre cristallisé, que j'avais cru formé exclusivement de bornéol inaltéré. En réalité, ce produit renferme en plus une notable proportion de camphre, que j'ai pu isoler du bornéol par la méthode de M. Haller (²), en transformant cet alcool en phtalate acide de bornéol,

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 70.

(²) *Ibid.*, t. CVIII, p. 1308 et t. CXXII, p. 865.

qu'on peut dissoudre dans le carbonate de soude, tandis que le camphre est extrait au moyen de l'éther.

Cette transformation du bornéol en camphre, dans les conditions de l'expérience, est assez curieuse. Elle implique, en effet, une perte d'hydrogène; or, on sait qu'en milieu alcalin l'hydrogène naissant se fixe sur le camphre pour donner du bornéol en réalisant précisément la réaction inverse. Il doit donc s'établir ici un équilibre qui expliquerait la présence constante et simultanée du camphre et du bornéol dans toutes mes expériences. Les proportions de camphre et de bornéol varient d'ailleurs suivant les conditions expérimentales, la proportion de camphre relativement au bornéol étant d'autant plus petite que la température de chauffe a été plus élevée et qu'il s'est formé plus d'acide campholique et, par conséquent, plus d'hydrogène.

L'acide campholique formé a pris naissance aux dépens du bornéol dans la réaction formulée plus haut et aussi aux dépens du camphre par la réaction de Delalande [1].

Cette dernière réaction, étudiée depuis par plusieurs auteurs, ne leur a jamais fourni que de très petites quantités d'acide campholique : 8 pour 100 au plus du camphre traité. Elle est pourtant susceptible de donner un rendement à peu près théorique et peut avantageusement servir à la préparation de cet acide.

Il suffit, pour cela, de chauffer en tube scellé, à 280°-290°, le camphre avec deux fois son poids de potasse caustique complètement déshydratée par fusion préalable. Il ne se dégage aucun gaz et l'opération peut être faite dans un autoclave. Comme avec le bornéal, il se forme simultanément une petite proportion d'acide isocampholique $C^8H^{15}.CH^2.CO^2H$.

De même que les bornéols droit et gauche donnent les acides campholiques correspondants lorsqu'on les chauffe au-dessus de 250° avec de la potasse caustique, de même l'isobornéol se transforme, dans les mêmes conditions, en un acide campholique inactif, qui s'est montré identique à l'acide racémique résultant du mélange à parties égales des acides droit et gauche. En même temps, on trouve dans les produits de la réaction du bornéol et du camphre racémique et une petite proportion de composés huileux. L'isobornéol a complètement disparu et jamais il n'a été trouvé de camphène, carbure qui se produit pourtant avec facilité aux dépens de l'isobornéol.

La plupart des chimistes admettent aujourd'hui avec M. Haller que l'iso-

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. I, p. 120.

bornéol est un mélange à parties égales de bornéols droit et gauche instables, capables de se transformer en bornéols stables dans diverses circonstances et notamment sous l'action de la chaleur (¹). Il en a été ainsi dans mes expériences : l'isobornéol a donné tout d'abord du bornéol racémique stable, puis les produits habituels de l'action de la potasse sur ce composé : le camphre et l'acide campholique racémique.

Je n'insiste pas sur le traitement de l'isobornéol par la potasse, il est exactement semblable à celui que j'ai décrit antérieurement pour les bornéols.

L'acide campholique inactif qui en résulte a été identifié avec l'acide racémique, obtenu en mélangeant poids égaux d'acide droit et d'acide gauche, en vérifiant l'identité des points de fusion des deux acides, de leurs anhydrides et de leurs amides. De plus, j'ai pu constater qu'une trace d'amide campholique racémique provoque immédiatement la cristallisation d'une solution alcoolique sursaturée d'acide campholique provenant de l'isobornéol.

L'acide campholique racémique $C^{10}H^{18}O^2$ possède des propriétés physiques différentes de celles de ses isomères actifs. Tandis que ceux-ci cristallisent dans l'alcool à 80° sous forme de prismes clinorhombiques allongés et striés longitudinalement, l'acide racémique se présente en tablettes hexagonales transparentes.

L'acide campholique racémique fond à 109°, tandis que ses isomères fondent à 106°.

Sa solubilité est bien différente de celle des acides droit et gauche; tandis que 100 parties d'alcool à 80° dissolvent 64,5 parties de ces acides, ils ne dissolvent que 19,8 parties d'acide racémique.

Le sel de sodium de ce dernier acide a pour formule

$$C^{10}H^{17}NaO^2 + 8H^2O,$$

tandis que les sels correspondants des acides actifs cristallisent avec 5^{mol} d'eau.

Son anhydride $(C^{10}H^{17}O)^2O$ fond à 66°, tandis que les anhydrides actifs fondent à 56°.

De même, son amide fond à 90° au lieu de 78°-79°, point de fusion des amides droit et gauche.

On retrouve, en somme, entre les points de fusion et les solubilités des

(¹) MONTGOLFIER, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5ᵉ série, t. XIV, 1878, p. 17.

acides campholiques actifs et racémique et de leurs dérivés des différences analogues à celles que M. Haller (¹) a signalées pour les camphres, les bornéols et les acides camphoriques.

MINÉRALOGIE. — *Propriétés optiques et genèse du feldspath néogène des sédiments du bassin de Paris.* Note de M. **F. Grandjean**, présentée par M. Michel Lévy.

Les feldspaths néogènes des terrains sédimentaires ont été signalés par Charles Lory dans les calcaires jurassiques du Dauphiné, et par M. L. Cayeux aux divers niveaux du Crétacé du bassin de Paris. Ces feldspaths, rapportés à l'orthose, n'ont été l'objet, jusqu'ici, d'aucune étude minéralogique. L'examen du résidu du traitement par l'acide chlorhydrique d'un grand nombre de calcaires, de divers âges, nous a permis de retrouver ces feldspaths dans les terrains suivants où ils n'ont pas été signalés :

1° Le *calcaire grossier* autour de Paris, à tous les niveaux, surtout à la base;

2° Le *calcaire pisolithique danien* de la carrière d'Issy-les-Moulineaux;

3° Le *calcaire oxfordien* à *Pholadomya exaltata* entre Saint-Mihiel et Pagny-sur-Meuse;

4° Le *calcaire bajocien* à spongiaires de Port-en-Bessin.

Cette Note préliminaire établit les points suivants :

I. *Le feldspath néogène des terrains sédimentaires du bassin de Paris ne peut être rapporté à l'orthose, ses propriétés optiques le rapprochant du microcline.*

II. *Dans la craie de Meudon, il s'est formé au fond de la mer, pendant la période même du dépôt de cette craie.*

I. Les propriétés optiques sont très singulières et très voisines pour tous les terrains étudiés :

Les cristaux qui reposent sur la face p (001) montrent des zones à réfringence, biréfringence, et directions d'extinction variables. Tantôt il y a passage continu entre ces zones, tantôt et plus fréquemment il y a séparation par une surface extrêmement nette. Dans certains cristaux, les sections principales s'écartent brusquement de 15° quand on traverse une de ces surfaces. La différence de biréfringence est assez notable pour se manifester

(¹) Haller, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. XXVII, 1892, p. 408.

avec évidence, en dehors de toute mesure, par les teintes de polarisation. Le plus souvent on observe dans les cristaux une zone de bordure, s'éteignant parallèlement à g^1 (010), de réfringence et biréfringence minimum; et une ou plusieurs zones internes, plus réfringentes et plus biréfringentes, dont l'extinction est plus ou moins oblique, le maximum d'obliquité étant de 18°. Fréquemment on observe, dans ces zones internes, le quadrillage du microcline parfaitement net; les macles sont extrêmement rares dans la zone de bordure.

Enfin, fait capital, toutes ces variations d'extinction observées sur le plan p disparaissent si l'on retourne le cristal sur sa face g^1; on voit le cristal s'étendre d'un seul coup, ou presque d'un seul coup, vers 6° ou 7° de p, dans l'angle obtus.

Nous conclurons de ces observations que le feldspath néogène étudié est très probablement du microcline, à macles extrêmement fines, rarement visibles, et que les zones diverses observées sur p résultent d'inégalités dans le maclage.

M. Michel Lévy a montré que l'orthose pouvait être considéré comme un microcline à macles très fines, les deux orientations étant également représentées. Cela permettrait d'expliquer, au moins théoriquement, la variation très grande de biréfringence de l'orthose, cette biréfringence dépendant vraisemblablement de la dimension des macles, alors même que ces macles ne sont plus visibles. A ce propos nous avons fait de nombreuses mesures sur les cristaux néogènes du calcaire grossier, par la méthode de la lame quart d'onde, en lumière du sodium; elles démontrent cette variabilité :

Dans la zone centrale, $n_g - n_p$ varie de 0,0048 à 0,007, $n_m - n_p$ de 0,0045 à 0,0048.

La zone de bordure est au contraire très constante, avec $n_g - n_p = 0{,}0042$ et $n_m - n_p = 0{,}0036$; $2\,V$ (calculé) $= 44°$.

D'aussi faibles biréfringences n'ont jamais été signalées dans aucun feldspath.

II. Le feldspath de la craie de Meudon s'est formé au fond de la mer; il est contemporain du dépôt de la craie. En effet le résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique, que laisse la craie de Meudon, est formé de feldspath néogène, de grains détritiques de quartz, de glauconie et enfin de foraminifères arénacés de grande taille, semblables à des globigérines. Ces foraminifères ont un test calcaire, dans lequel est enchâssée une foule de grains détritiques de quartz; après décalcification, il reste une mosaïque de grains de quartz conservant la forme du test. *Or on voit en abondance, dans cette*

mosaïque, des feldspaths néogènes absolument identiques à ceux qui sont isolés et disséminés; ils ont la même limpidité, les mêmes arêtes vives, les mêmes propriétés optiques singulières. On ne peut douter de leur parfaite identité.

Le feldspath existait donc au fond de la mer crétacée; il s'est formé vite; il a probablement cessé de croître après son enfouissement. Car jamais un feldspath enchâssé dans la mosaïque d'une globigérine ne montre d'accroissement postérieur à son adjonction au test du foraminifère. Les feldspaths y sont restés inertes comme les grains de sable qui les entourent. Or l'adjonction d'un feldspath au test d'un foraminifère est un enfouissement prématuré dans du calcaire. Il faut donc logiquement conclure que l'enfouissement arrête le développement du feldspath.

Après cette observation, il devient infiniment probable que le fond des mers actuelles contient du feldspath en voie de formation; l'examen attentif des vases marines recueillies par les croisières scientifiques récentes nous le montrerait sans doute avec des caractères analogues à ceux qu'il présente dans les sédiments anciens.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la nitrification dans les sols en place.* Note de MM. **Pouget** et **Guiraud**, présentée par M. Müntz.

L'étude de la nitrification dans les sols en place a donné lieu à d'importants travaux pour lesquels on a surtout utilisé le dosage des nitrates dans les eaux de drainage. On doit avoir des indications plus précises par des mesures directes.

Les expériences résumées ici se rapportent à deux sols en place *sans végétation et sans travail :*

Dans deux champs de blé de l'École d'Agriculture de Maison-Carrée (Alger), on a choisi, peu de temps après la levée, deux emplacements où le sol et les plantules paraissaient bien homogènes sur une assez large étendue : tous les échantillons ont été prélevés sur ces emplacements dans un rayon de quelques mètres, *les plantules du blé, les plantes adventices y étaient soigneusement arrachées à la main dès leur apparition.*

Le prélèvement des échantillons était effectué de la manière suivante : pour le premier, on creusait à la bêche une tranchée de 60^{cm} de large et tout aussi profonde; sur l'une des parois verticales et sur des lignes horizontales situées à 5^{cm}, 15^{cm}, 25^{cm}, 35^{cm}, 45^{cm} de profondeur, on détachait plusieurs séries d'échantillons (chaque série compre-

nait cinq à six prises de 8g à 10g chacune). On disposait ensuite le long de la paroi verticale des planches minces venant affleurer à la surface du sol et l'on comblait la tranchée en ayant soin de tasser légèrement la terre le long des planches et de boucher tous les interstices.

Pour les prélèvements ultérieurs, la tranchée était à nouveau ouverte au même point; on dégageait les planches, on coupait le long de la paroi verticale mise à nu une tranche de 25cm d'épaisseur qu'on rejetait et l'on prélevait les échantillons sur la nouvelle paroi verticale; puis on refermait la tranchée avec les mêmes précautions.

Grâce à cet artifice, les prélèvements étaient toujours faits en des points très voisins, et l'état du sol en ces points n'était pas sensiblement modifié par les prélèvements antérieurs.

Les nitrates étaient dosés par la méthode colorimétrique de Grandval et Lajoux à l'acide sulfophénique : 15g de terre étaient mis à digérer pendant 2 ou 3 jours avec 20cm³ d'eau ([1]), on agitait de temps en temps et l'on prélevait 10cm³ de liquide limpide pour le dosage qui était fait comme d'habitude; les teintes étaient comparées à l'aide d'un colorimètre à prismes.

Le Tableau suivant résume les résultats de nos recherches; nous y avons inscrit seulement les moyennes des dosages effectués pour chaque prise d'échantillon : ces chiffres représentent la quantité (en milligrammes) d'azote nitrique contenu dans un prisme de terre de 50cm de profondeur et dont la surface serait telle que son poids fût de 1kg.

Azote nitrique en milligrammes par kilogramme (moyenne de 0 à 50).

Dates des prises.	1907.	1908.										
	18 déc.	15 janv.	22 janv.	29 janv.	12 févr.	27 févr.	30 avr., 8 mai.	22 mai.	6 juin.	13 juin.	20 juin.	2 juillet.
Terre A (N total = 1,02 p. 1000).	1,0		5,5		2,5		trace	1,6		5,4	3,6	2,7
Terre B (N total = 1,52 p. 1000).		2,9		6,2	2,1	1,5	trace	3,7	6,3	7,6	7,3	6,[illegible]

	1907.	1908.						
	Déc.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.
Températures moyennes ([2]) mensuelles corrigées....	11°,0	10°,9	8°,8	10°,8	11°,9	18°,2	18°,5	21°,2 ([3])
Pluies mensuelles en mm.	12	108	93	84,6	76,5	10,8	9,7	0
Nombre de jours de pluie.	6	9	13	15	14	5	2	0

De ces nombres, ainsi que de ceux que nous ne pouvons rapporter ici, il résulte (en dehors du fait bien établi déjà, que lorsque la nitrification a lieu elle est surtout active dans la couche supérieure du sol) que :

([1]) Pour éviter la dénitrification dans cet intervalle, on ajoutait quelques gouttes de chloroforme; cette précaution est nécessaire et suffisante lorsque le contact n'est pas trop prolongé, comme l'a montré Welbel (*Résultats des travaux de la Station expérimentale agronomique de Ploty pour* 1907. Odessa, Troubetzkoy et Bytchikine; 1908).

([2]) Nombres déduits des observations enregistrées à l'École d'Agriculture.

([3]) Du 1er au 6 juillet.

1° Pendant l'hiver, sur le littoral algérien, la nitrification n'est entravée que lorsque les pluies persistantes gorgent le sol d'humidité [1];

2° Après cet arrêt la nitrification ne repart ensuite que difficilement (elle ne commence que fin mai, un mois environ après la fin de la période pluvieuse);

3° Pendant l'été, dans un sol compact, la nitrification a lieu, mais elle s'accompagne bientôt du phénomène de la dénitrification : le taux d'azote nitrique diminue, on ne peut arguer de son entraînement par le drainage; les pluies sont très faibles et l'évaporation superficielle concentre, au contraire, les nitrates vers la surface du sol.

Cette dernière conclusion jette un jour nouveau sur les bons effets qu'on retire en pratique des labours de déchaumage et d'une manière générale des travaux d'été; par l'aération qu'ils produisent, ils facilitent la nitrification et s'opposent à la dénitrification [2].

Un autre fait se dégage de ces expériences :

En février, mars et avril, dans un sol compact comme celui qui est réalisé dans un champ de blé, la nitrification a été nulle; or, c'est pendant cette période que l'absorption de l'azote par le blé est surtout active; il faut donc que la nutrition azotée du blé ait été, pendant cet intervalle, assurée par l'absorption des composés ammoniacaux.

AGRONOMIE. — *Influence des engrais minéraux sur quelques Cypéracées.* Note de M. **J.-B. Gèze**, présentée par M. Müntz.

Les terrains marécageux sont ordinairement considérés comme improductifs. Ils sont pourtant susceptibles de procurer des revenus assez élevés, par l'utilisation des plantes qui y poussent naturellement, ou qu'on peut y propager, soit pour l'agriculture (fourrage, litière, engrais), soit pour l'industrie, plus rémunératrice en général (empaillage des chaises, sparterie, tonnellerie, industrie textile, fabrication du papier, etc.). Certains

(1) En janvier, les pluies sont abondantes (108^{mm}), mais torrentielles (45^{mm} le 6 et $42^{mm},9$ le 30); du 10 au 29, il y a un seul jour pluvieux avec $0^{mm},3$ et la nitrification a lieu; en février, mars, avril, où les pluies sont fréquentes, elle est nulle.

(2) Les constatations suivantes justifient cette manière de voir : le 30 juin 1906, dans un sol compact, on trouve $4^{mg},4$ d'azote nitrique par kilogramme, et dans un sol maintenu propre et meuble $15^{mg},6$; le 7 juillet, le sol compact ne contient que $1^{mg},4$ et la terre meuble $19^{mg},5$.

marais de l'Aveyron, par exemple, donnent un revenu notable par l'exploitation du *Carex stricta*.

Les plantes de marais les plus utilisées en France par l'industrie sont les *Carex stricta* et *riparia*, *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia* et *latifolia*. Notre production indigène est insuffisante, car nous importons de grandes quantités de ces diverses espèces, de Belgique, et surtout d'Italie et d'Espagne, dont les produits sont préférés aux nôtres, à cause de leur qualité supérieure. A la suite d'une mission en Espagne, j'ai cru pouvoir attribuer, en partie du moins, cette supériorité à la richesse du sol et de l'eau des meilleurs centres de production. Les marais d'où nous viennent les denrées les plus appréciées reposent sur des alluvions très fertiles et reçoivent les eaux d'écoulage de rizières fortement fumées avec du fumier de ferme et des engrais minéraux.

Il était nécessaire de vérifier expérimentalement cette opinion, car elle est contraire à celle des auteurs qui ont parlé, incidemment pour la plupart, des exigences des Cypéracées, et en particulier des *Carex*. On dit souvent que les engrais nuisent au développement des Cypéracées. Ainsi MM. Stebler et Schrœter (1) ont écrit, à propos du *Carex sempervirens* : « Cette plante recule devant les engrais de ferme (fumier, purin) : cette antipathie pour l'engrais lui est commune avec toutes ses congénères. »

Il est bien vrai que, dans les prairies et les pâturages, les engrais donnent encore plus de vigueur aux Graminées et aux Légumineuses qu'aux Cypéracées, de sorte que celles-ci sont étouffées par les premières; mais lorsqu'un excès d'humidité nuit au développement des Graminées et des Légumineuses (ce qui se réalise dans les marais), les Cypéracées profitent des engrais, et ceux-ci augmentent la quantité et la qualité des produits. Cette opinion est confirmée par les expériences suivantes :

Les essais ont porté, entre autres, sur *Carex riparia* Curt. (Laiche des rivages), et *Carex stricta* Good. (Laiche raide). L'industrie recherche dans ces deux espèces les feuilles les plus longues, et de plus, pour le *Carex riparia*, les feuilles les plus larges.

Ces plantes ont été cultivées dans de grands pots, constamment recouverts d'eau, et remplis soit de vase d'étang très argileuse, soit de sable, dont voici la composition (pour 1000):

	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.	Chaux.
Sable...........	0,20	0,35	2,68	15,55
Vase............	0,972	0,96	4,0	20,35

Pour chaque espèce, un gros pied vivant a été divisé en 10 éclats, aussi égaux que

(1) *Les plantes fourragères alpestres*, 1896.

possible, dont la moitié a été placée dans 5 pots garnis de sable, l'autre moitié dans 5 pots garnis de vase. Dans chaque série de 5 pots, les engrais minéraux ont été distribués de la manière suivante : 1er pot, témoin sans engrais; 2e pot, engrais phosphaté et potassique; 3e pot, engrais azoté et potassique; 4e pot, engrais azoté et phosphaté; 5e pot, engrais complet. Les engrais choisis ont été, comme dans les rizières d'Espagne, le sulfate d'ammoniaque, le superphosphate de chaux, et le sulfate de potasse.

La récolte a donné les résultats inscrits dans le Tableau ci-dessous, qui indique les dimensions des feuilles, mesurées sur pied, et leur rendement à l'état sec :

			Avec azote.	Sans azote.	Avec phosphate.	Sans phosphate.	Avec potasse.	Sans potasse.
Rendement moyen par pot.	*C. piparia*	sable....	205^{g}	12^{g}	191^{g}	34^{g}	116^{g}	145^{g}
		vase.....	125	51	88	106	109	73
	C. stricta	sable....	34	6	22	24	23	21,5
		vase.....	47	12	38	25	39	23,5
Longueur des feuilles.	*C. riparia*	sable....	118^{cm}	67^{cm}	112^{cm}	77^{cm}	98^{cm}	97,5^{cm}
		vase.....	120	97	108	115	113	107,5
	C. stricta	sable....	75	57	66	70	70	65
		vase.....	90	72	86	79	86	79
Largeur moyenne des feuilles.	*C. riparia*	sable....	17,6^{mm}	12,3^{mm}	16,8^{mm}	14,5^{mm}	15,86^{mm}	15,85^{mm}
		vase.....	18,9	15,8	17,7	17,5	18,0	16,65
	C. stricta	sable....	5,6	4,6	5,4	4,7	5,2	5,0
		vase. ...	6,0	4,9	5,7	5,3	5,53	5,6

Il ressort de l'examen du Tableau précédent que l'*azote* a augmenté le rendement, de deux fois et demie à dix-sept fois suivant les lots; il a fortement accru la longueur et la largeur des feuilles. Les engrais phosphatés et potassiques, s'ils ont quelque peu augmenté les dimensions des feuilles, n'ont pas eu sur les rendements une action aussi marquée.

Si l'on ne tient compte que de la récolte réellement utilisable par l'industrie, qui demande des feuilles d'au moins $0^{m},80$ de long, seuls les pots qui ont reçu des engrais azotés ont donné des résultats avantageux.

En résumé, si ces expériences ne suffisent pas encore pour préciser l'action des engrais phosphatés et potassiques sur les Cypéracées, elles montrent nettement, contrairement aux idées admises, l'influence heureuse des engrais azotés sur leur rendement et leurs qualités marchandes.

PHYSIOLOGIE. — *Les centres manostatiques et le traitement physiologique de l'artériosclérose.* Note de M. P. Bonnier, présentée par M. Yves Delage.

J'ai rappelé dans ma thèse, en 1890, qu'en aucun point de l'organisme des animaux supérieurs les conditions biologiques du milieu pélagique originel n'étaient physiologiquement maintenues avec autant de vigilance que dans l'oreille interne. J'ai également indiqué, en 1892, dans mon livre sur le *Vertige*, que le fonctionnement normal de l'oreille exigeait, sur la face interne de ses diverses formations tympaniques, le maintien d'une pression faisant équilibre sans cesse aux variations de la pression extérieure. Dans mes recherches sur la physiologie comparée des organes auriculaires (*L'oreille*, 1895), j'ai aussi montré que ces appareils étaient avant tout des enregistreurs de la pression extérieure, soit dans ses variations les plus lentes (fonctions *baresthésiques*), soit dans ses plus rapides, perçues sous forme d'ébranlement (f. *seisesthésiques*), ou classées, chez les Vertébrés supérieurs pourvus de cochlée, sous forme tonale, *auditive*. C'est d'ailleurs encore par des sensations de pression qu'opère l'oreille dans l'analyse de nos variations d'attitudes (f. *statesthésiques*) et dans la régie de notre équilibration et de l'oculomotricité appropriée (Delage).

L'oreille est donc, plus que tout autre appareil sensitif, l'organe informateur par excellence des variations de la pression extérieure. Ce rôle, déjà révélé par les rapports de cet appareil avec la vessie natatoire de certains Poissons, est rendu manifeste par la clinique et par des expériences sur l'homme, dans la régie réflexe du rythme respiratoire et cardiaque et de la pression artérielle, comme je l'ai indiqué en 1893 (*Réflexes auriculaires*) et comme on l'a confirmé depuis.

J'ai donné le nom de *centres manostatiques* aux noyaux bulbaires qui utilisent cette information périphérique pour la régulation de la pression intérieure par voie vasculaire. L'activité du muscle cardiaque et des parois artérielles assure concurremment l'équilibre *trophostatique, hygrostatique* et *manostatique* de tous les éléments cellulaires de l'organisme.

Dans la vie sédentaire que nous menons, l'élasticité de nos parois artérielles n'est sollicitée que par l'effort professionnel ou sportif, c'est-à-dire par la nécessité de s'adapter et, presque passivement, de résister au jeu de nos muscles, c'est-à-dire aux excès de la pression sanguine elle-même. Or, la nutrition d'un tissu est en raison de son activité propre, commandée par ses centres.

Une ascension assez rapide à 4400^{m} en ballon m'a montré qu'il fallait à mes artères, âgées alors de 40 ans, près de 20 minutes pour faire disparaître

un bourdonnement d'oreille, par équilibration de la tension de mes liquides céphalorachidien et labyrinthiques, qui sont communicants, à la diminution rapide de la pression extérieure. Beaucoup de personnes, tympanoscléreuses ou artérioscléreuses, souffrent de ne pouvoir s'adapter rapidement aux plus légères variations atmosphériques, et *sentent le temps*.

Il me semble qu'un entraînement méthodique et prudent, exerçant l'organisme à équilibrer rapidement sa pression intérieure aux variations de la pression extérieure, chose facile à réaliser sous forme de cure, dans les pays à funiculaires, comme la Suisse, serait une excellente gymnastique des parois artérielles, un massage dans lequel les centres moteurs et trophiques joueraient un rôle direct, très apte à réveiller, à activer la nutrition de ces tissus et à combattre directement et physiologiquement l'artériosclérose.

MÉDECINE. — *Contribution à l'étude des hypnoanesthésiques*. Note de MM. **A. Brissemoret** et **J. Chevalier**, présentée par M. Armand Gautier.

De leurs recherches sur les dérivés chlorés du formène CH^3Cl, CH^2Cl^2, $CHCl^3$ et CCl^4, étudiés comme anesthésiques volatils, MM. Regnauld et Villejean ont déduit (*Comptes rendus*, t. C, p. 1146) que ces dérivés manifestent une remarquable discontinuité et appartiennent à deux types physiologiques distincts : le premier type, correspondant aux substitutions de 1 et de 3 équivalents de Cl, est relativement inoffensif; le second type, répondant aux substitutions de 2 et de 4 équivalents de Cl, comprend deux agents très dangereux.

Ces conclusions infirmaient l'opinion admise que les propriétés anesthésiques des dérivés chlorés du formène croissent d'une façon progressive avec les substitutions; pour les interpréter, il est impossible d'utiliser l'hypothèse de MM. Heymans et Debuck, émise dans leur essai de toxicité comparée des dérivés chlorés forméniques sur le lapin par la voie hypodermique, parce qu'aucun fait expérimental ne permet de supposer que, dans le chlorure de méthylène et le tétrachlorure de carbone, tous les atomes de Cl sont tri- ou pentavalents et que le chlore du chlorure de méthyle et un atome de Cl du chloroforme sont monovalents.

L'un de nous a indiqué que les quatre dérivés chlorés du formène possèdent des actions pharmacodynamiques différentes parce qu'ils possèdent des fonctions chimiques différentes. Traités respectivement par la potasse en

solution aqueuse étendue, les trois premiers se conduisent, le dérivé monochloré comme un éther d'alcool, le dérivé dichloré comme un éther d'aldéhydrol, le dérivé trichloré comme un éther de carbérine; tandis que le dérivé tétrachloré dérive d'un hydrate unique en chimie organique, l'acide orthocarbonique.

Dans la série de l'éthane et pour les diverses espèces d'éther-oxyde (oxyde, acétal, ortho-éther), on observe également des différences dans les manifestations physiologiques dues à la différence de fonction chimique des corps comparés entre eux.

Mais les éthers expérimentés ou utilisés jusqu'ici sont des dérivés primaires. Nos recherches faites avec deux dérivés secondaires : le dichloropropane 2.2-$CH^3 - CCl^2 - CH^3$ (p. éb. + 70°), et l'ortho-éther éthylique de l'acétone $CH^3 - C(OC^2H^5)^2 - CH^3$ (p. éb. + 115°-117°), ont eu pour but de montrer que c'est bien la fonction chimique qui crée la spécificité, d'ordre physiologique, d'un composé organique.

1. Il est très difficile d'anesthésier le chien avec le chloracétol; la résolution musculaire n'est jamais complète : après une phase d'excitation prolongée, traduite par une série de mouvements convulsifs, on observe des périodes de résolution musculaire alternant avec des périodes de convulsions : la sensibilité n'est qu'émoussée et l'atténuation des fonctions cérébrales nous a paru moindre qu'avec les hypnoanesthésiques vrais.

2. L'ortho-éther de l'acétone, donné au chien par injection intrapéritonéale à la dose de $0^{cm^3},40$ par kilo, produit un sommeil durant 4 à 5 heures : une période d'ivresse fugitive précède la chute brusque de l'animal qui tombe sur le flanc et s'endort : au cours de son sommeil provoqué, l'animal présente des tremblements du membre abdominal alternant avec des contractions toniques généralisées mais de faible intensité, de courte durée et suivis d'une période de paralysie : la respiration, légèrement accélérée au début de l'hypnose, se ralentit par la suite; la température s'abaisse de 2° environ; le cœur est accéléré.

Il est généralement admis que l'action nocive des acétals sur le cœur restreint beaucoup la zone maniable de ces éthers, employés comme médicaments.

Des circulations artificielles faites avec le cœur de lapin, isolé par la méthode de Langendorff et irrigué avec du sérum de Locke tenant en solution l'éther, nous ont montré que l'action stupéfiante qu'exerce l'éther (en solution à 0,4 pour 100) sur le cœur amène la perte brusque de son tonus et précède l'accélération produite probablement par la paralysie des éléments nerveux modérateurs.

Une solution d'acétal ordinaire (0,15 pour 1000) provoque des phénomènes physiologiques superposables.

En résumé :

Les deux éthers de l'ortho-acétone montrent dans la symptomatologie générale de leur action pharmacodynamique des liens de parenté dus à leur origine commune.

Le dichloropropane 2.2-$CH^3 - CCl^2 - CH^3$ en tant qu'anesthésique volatil ne possède, pas plus que les éthers chlorhydriques d'aldéhydrols étudiés jusqu'ici, d'action physiologique utilisable au titre médicamenteux.

L'ortho-éther de l'acétone $CH^3 - C(OC^2H^5)^2 - CH^3$ est doué d'une action pharmacodynamique isologue de celle des acétals étudiés jusqu'ici.

ZOOLOGIE. — *Sur une microsporidie parasite d'une Grégarine.* Note de MM. **L. Léger** et **O. Duboscq**.

Les Microsporidies, si répandues dans la plupart des groupes de Métazoaires, n'ont été signalées chez les Protozoaires, et encore sans aucune certitude (Balbiani, Lutz et Splendore), que dans les Infusoires ciliés. Une espèce nouvelle de *Nosema* que nous décrirons ici, parasite une Grégarine. Elle n'est pas intéressante seulement par son habitat, mais encore par l'action pathogène qu'elle exerce manifestement sur la reproduction de son hôte. Nous la désignerons sous le nom de *Nosema Frenzelinæ* n. sp.

Nozema Frenzelinæ vit exclusivement dans le cytoplasme d'une Grégarine polycystidée, la *Frenzelina conformis* Dies, qui parasite elle-même un Crabe, *Pachygrapsus marmoratus* Fabr. La Grégarine, accouplée de bonne heure, habite les longs cœcums gastriques de son hôte et gagne l'intestin au moment de son enkystement.

Le parasite que nous avons observé assez fréquemment à Cavalière, sur la Méditerranée, se rencontre dans les Grégarines accouplées jeunes et adultes et se retrouve dans leurs kystes aux divers stades de leur développement. Il est d'autant plus abondant que la Grégarine est plus âgée et il commence à sporuler au moment de l'enkystement de son hôte. Ordinairement, presque toutes les Grégarines d'un même Crabe sont infestées, mais tous les Crabes d'une même région sont loin d'héberger des Grégarines malades. Il importe en outre de noter que nous n'avons jamais vu les tissus du Crabe envahis par le parasite, alors même que les Grégarines qu'il héberge sont toutes fortement parasitées.

Nosema Franzelinæ est facile à déceler sur des préparations colorées. A un faible grossissement, elle apparaît dans le cytoplasme grégarinien sous forme de taches ou

traînées chromatiques qui simulent des chromidies et qui sont des amas ou colonies de nombreux stades végétatifs uninucléés. Avant l'enkystement des Grégarines, on trouve le plus souvent une colonie parasitaire dans le protomérite, une autre en avant du noyau, qui n'est jamais envahi, et une autre à l'extrémité postérieure de la Grégarine (1). Cette distribution n'est plus reconnaissable dans les kystes où les parasites plus nombreux sont plus éparpillés.

Chaque stade uninucléé est ovoïde et de très petite taille. Plongé dans le cytoplasme grégarinien, il s'y multiplie activement par schizogonie binaire et donne ainsi les colonies à nombreux éléments qui forment des plages chromatiques dans la Grégarine. Au terme de l'évolution, chaque élément devient le point de départ d'une spore unique. Les spores, isolées d'emblée, ne sont donc jamais réunies en amas kystiques et, par conséquent, il s'agit ici d'une Microsporidie monosporée, rappelant celle du *Carcinus mœnas* et rentrant dans le genre *Nosema* tel que Perez l'a défini.

Les spores de *Nosema Franzelinæ* sont extrêmement petites, leur longueur moyenne n'excédant pas $2^{\mu},8$. Malgré leur taille exiguë, nous avons réussi à mettre en évidence leur capsule avec son filament spiral qui, après dévagination, atteint 25^{μ} de long. De plus, comme la spore se laisse pénétrer assez facilement par les colorants, on peut distinguer à son intérieur les deux noyaux souvent contigus du sporogerme, ainsi que, sur la paroi, deux points colorés qui représentent les noyaux des cellules valvaires. Cette structure sporale de *Nosema Frenzelinæ* s'accorde donc avec celle que Léger et Hesse ont décrite pour *Coccomyxa Morovi* et pour *Nosema bombycis* et que Mercier a retrouvée depuis dans *Thelohania Giardi*.

En se multipliant à l'état végétatif, la Microsporidie envahit progressivement le cytoplasme de la Grégarine sans jamais, semble-t-il, s'attaquer au noyau. Malgré leur maladie, les Grégarines continuent de croître et, au terme de leur croissance, les couples parasités s'enkystent tout comme les Grégarines indemnes pour effectuer leur gamogonie. Les noyaux des Grégarines enkystées poursuivent leur division et seule est empêchée la fin de l'évolution, c'est-à-dire la formation des gamètes et leur conjugaison. C'est là une destruction des Grégarines sexuées qu'on peut interpréter comme un phénomène de castration parasitaire chez un Protozoaire. Le parasite, se substituant à son hôte, termine son cycle, arrive à la sporulation, et le kyste grégarinien devient ainsi un kyste microsporidien.

Les spores de la Microsporidie, n'apparaissant qu'après le rejet des kystes à l'extérieur, doivent sans doute revenir avec des aliments contaminés dans le tube digestif des Crabes pour infester à nouveau les jeunes Grégarines.

---

(1) Nous donnons des figures de *Nosema Frenzelinæ* dans un travail *sur la sexualité des Grégarines*, actuellement à l'impression.

ZOOLOGIE. — *Sur l'Araignée* Mosquero. Note de M. **Léon Diguet**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans les villages des parties élevées du Michoacan, au Mexique, on a conservé, depuis les temps précolombiens, la coutume bien curieuse d'avoir recours à une espèce d'Araignée vivant en colonie, pour se débarrasser des Mouches qui, à l'époque de la saison des pluies, envahissent en grande abondance les habitations rurales; pour cela les indigènes suspendent au plafond de leur maison un rameau de l'arbre contenant une partie du nid de cet Arachnide qu'on désigne sous le nom de *Mosquero*.

L'Araignée en question a comme habitat la zone montagneuse de climat assez froid qui se trouve à une altitude voisine de 2500^m; pour établir sa nombreuse colonie, elle choisit de préférence les chênes touffus comme, par exemple, le *Quercus polymorpha* dont les rameaux tordus se prêtent facilement à l'enchevêtrement des fils d'une toile épaisse et bien fournie, ressemblant à première vue à cette sorte de nidification qu'exécutent sur le même genre d'arbre les Chenilles processionnaires.

Le nid, qui peut parfois occuper une superficie de 2 mètres carrés, consiste extérieurement en une toile de fils calamistrés formant enveloppe; l'intérieur est rempli par un lacis de fils simples entre lesquels de nombreuses alvéoles et galeries sont ménagées, ce qui donne à la masse interne un aspect spongieux.

L'Araignée *Mosquero* est de faible dimension, son allure est lente; elle ne se rencontre pour ainsi dire jamais en dehors de sa toile, restant constamment tapie au fond de ses galeries. Les captures ne se manifestent guère à l'extérieur : immédiatement saisie et enveloppée de toile, la proie devient presque invisiblement la pâture de la colonie.

Dans toutes les parties de l'intérieur du nid on rencontre en très grande abondance, vivant en commensal, un Latridide du genre *Melanophthalma;* le rôle qui paraît incomber à ce Coléoptère d'infime dimension est de présider à la propreté du nid, en faisant disparaître et en transportant les détritus qui peuvent encombrer ou souiller les galeries; sa principale nourriture paraît être les restes du repas de l'Araignée.

Il résulte de ce commensalisme que le nid ne peut devenir une cause de malpropreté, même pour les habitations où on le place; tout y est agencé en vue d'une propreté absolue : aucun déchet ne peut tomber en dehors, car dans les parties les plus basses de la nidification, on observe des sortes

de cloaques, constitués par des compartiments volumineux où l'on constate une accumulation de détritus de tout genre, dont peuvent encore bénéficier toute une série d'insectes.

Comme commensale, on rencontre encore, vivant en parfaite harmonie avec la colonie du *Mosquero*, une Araignée errante qui s'est fait l'hôte de ce logis où elle trouve une vie facile et assurée.

Lorsque l'époque des Mouches est terminée, il se produit en masse une émigration de tous les adultes de la colonie; ces derniers abandonnent complètement le nid pour aller hiverner au dehors; il ne reste plus que les jeunes qui reprendront leur vie active à la saison prochaine.

ZOOLOGIE. — *Sur l'Araignée* Mosquero. Note de M. **Eugène Simon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'Araignée *Mosquero*, qui fait l'objet des observations de M. L. Diguet, appartient à la famille des *Dictynides*, mais ne rentre dans aucun des genres connus et sera le type du nouveau genre *Cœnothele*, intermédiaire aux *Dictyna* et *Phryganoporus;* il diffère des premiers par son sternum acuminé en arrière et ses hanches de la quatrième paire presque contiguës, ses lames-maxillaires plus larges et presque droites, ses yeux postérieurs en ligne procurvée; il diffère des seconds par ses pattes mutiques, ses yeux petits et égaux, le groupe de ses yeux médians aussi large que long et beaucoup plus étroit en avant, son clypeus au moins deux fois plus large que les yeux antérieurs, sa pièce labiale plus longue, atténuée en triangle et dépassant le milieu des lames, le calamistrum de ses métatarses postérieurs occupant toute la longueur de l'article.

L'espèce est également nouvelle, en voici la diagnose :

Cœnothele gregalis, sp. nov. ♀ long. 4^{mm} vel 5^{mm}. — *Cephalothorax nigro-piceus, pilis albis longis et crassis, in parte cephalica densioribus, vestitus. Abdomen magnum et convexum, supra fulvo-lividum, late et sinuose nigricanti-marginatum, in dimidio basali maculis binis angulosis, pone medium arcu transverso tenui sed utrinque ampliato, fascis, notatum subtus nigellum, ominino crasse et breviter albo-pilosum. Chelæ subtiliter coriaceo-rugosæ, marginibus sulci brevibus, superiore dentibus trinis contiguis, medio majore, inferiore dentibus minutissimis* 2 *vel* 3 *instructris. Pars labialis nigra coriacea. Pedes sat breves, fusco-picei, femoribus ad basin, metatarsis tarsisque fulvis, tibiis metatarsisque porticis confuse annulatis. Area genitalis coriacea, foveolis parvis binis, transversim latissime distantibus, impressa.*

L'Araignée qui vit en commensale dans les nids du *Cœnothele* et dont M. L. Diguet a parlé plus haut, appartient à la famille des *Drassides* et au genre *Pœcilochroa;* elle est aussi nouvelle, et nous l'appellerons *P. convictrix,* mais elle se rapproche beaucoup du *P.* (*Scotophœus*) *vittatus* Fr. Cambridge, décrit de l'état de Guerrero; elle en diffère cependant par ses yeux postérieurs équidistants et en ligne légèrement procurvée, ses tibias antérieurs ne présentant en dessous qu'une seule petite épine au lieu de trois.

La sociabilité, aussi complète que l'a observée M. L. Diguet pour le *Cœnothele* du Mexique central, est rare parmi les Arachnides supérieurs; on en connaît cependant quelques autres exemples : les *Phryganoporus,* qui sont des *Dictynides* d'Australie, construisent sur les buissons de vastes nids soyeux où vivent en commun un grand nombre d'individus; plusieurs *Stegodyphus* (famille des *Érésides*), de l'Afrique australe et de l'Inde, ont des mœurs analogues.

Il est à noter que presque toutes les Araignées sociables appartiennent au sous-ordre des *Cribellates,* dont tous les représentants ont la faculté d'émettre des fils de deux sortes : les uns (produits par les filières) simples et secs, servent à la construction de la charpente de l'édifice, de ses loges et couloirs intérieurs; les autres (cardés par le frottement du calamistrum sur le cribellum), beaucoup plus mous et agglutinatifs, propres à retenir la proie, servent à son revêtement extérieur.

GÉOLOGIE. — *Extension du terrain houiller sous les morts-terrains dans le bassin d'Alais* (*Gard*). Note de M. G. **Fabre**, présentée par M. Michel Lévy.

Dans le bassin d'Alais, les industriels ont depuis plus de 50 ans recherché le prolongement des couches de houille sous les terrains plus récents, ou morts-terrains. Presque toutes ces recherches ont été jusqu'ici guidées par l'espoir que tel ou tel étage géologique manquerait en profondeur, ce qui diminuerait d'autant l'épaisseur des terrains à traverser. C'était là une idée que les dernières études nous permettent de déclarer fausse.

Les morts-terrains (trias et jurassique) sont partout continus; mais leur épaisseur est variable. Pour le trias en particulier, l'étude attentive des affleurements nous a montré que les deux *môles* de roches cristallines du mont Rouvergue et du mont Cabane formaient dès cette époque deux hauts-

fonds au voisinage desquels l'épaisseur des sédiments triasiques est relativement faible.

Au sud-ouest du mont Cabane, un sondage fait en 1899, à Campredon, près Mialet, a révélé en profondeur l'existence insoupçonnée d'un profond synclinal ou *fosse* dans laquelle les sédiments lagunaires du trias se sont déposés sous une épaisseur (anormale pour la région) de 380^m, et reposent directement sur le granite sans interposition aucune de terrain houiller.

Au nord-est du mont Rouvergue, parallèlement à la vallée de la Cèze, il semble qu'un autre synclinal se soit formé un peu plus tard à l'époque charmouthienne dans une direction E.-O. et qu'il ait été rempli par plus de 400^m de calcaires siliceux. C'est dans ce puissant étage que nous avons cependant, en 1902, fait faire un sondage profond pour la recherche du terrain houiller à Saint-Brès; c'est que nous fondions de grandes espérances sur la possibilité de rencontrer en profondeur la faille oblique dite de Castillon qui pourrait *escamoter* tout ou partie du Trias; aussi nous annoncions à l'avance la rencontre probable du terrain houiller à 450^m de profondeur.

Nous n'avons pas été déçu; à l'exécution on a rencontré les terrains suivants :

Marnes toarciennes	55^m
Calcaire charmouthien	414
Grès pyriteux. Brouillage de faille	11
Grès et schistes houillers avec 16 couches de charbon	237
Total	717

De ce sondage il ne faut donc pas conclure à une diminution locale du Trias, mais il faut retenir l'énorme épaisseur du Charmouthien.

Un autre sondage fait en 1866 aux Mages, à 14^{km} nord-est d'Alais, avait donné la coupe suivante :

Jurassique	296^m
Lias	78
Trias	93
Houiller (dont 7 couches de charbon)	160
Total	627

Depuis 40 ans on interprétait ces résultats comme une preuve de la diminution d'épaisseur du Lias et du Trias. Nous avons pu récemment, grâce à

une étude très minutieuse des environs, interpréter ces résultats en supposant que le sondage a recoupé en profondeur deux failles obliques qui auront *escamoté* la majeure partie du Lias et du Trias.

De l'ensemble des faits connus jusqu'ici dans le bassin d'Alais, il résulte que :

1° L'épaisseur des morts-terrains croît à mesure qu'on s'éloigne des deux *môles cristallins* du mont Rouvergue et du mont Cabane;

2° Divers synclinaux ou *fosses* se sont creusés ou approfondis au cours des époques triasique et jurassique, et ont été remplis de sédiments sur de grandes épaisseurs.

Aussi, au point de vue pratiquement industriel, il conviendra à l'avenir de ne rechercher le prolongement du terrain houiller sous les morts-terrains que là où, grâce au jeu de failles obliques, on pourra espérer de fortes diminutions dans les épaisseurs de ces morts-terrains.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les tremblements de terre du 28 décembre 1908 et du 23 janvier 1909.* Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

Le grand sisme qui, le 28 décembre 1908, ruina Messine, Reggio et, en général, une grande partie de la Sicile et de la Calabre, fut nettement enregistré par notre sismographe à l'Observatoire d'Athènes. Cet instrument est un pendule vertical, système Agamemnone, de 200^{kg} de poids, avec une longueur de $7^m,25$ et une période d'oscillation de $2^s,7$; l'agrandissement de l'appareil est de 12 et les vitesses horaires de $0^m,38$ pour la petite et de $1^m,45$ pour la grande.

La phase principale (composante NE-SW, plume orientale) débuta à $5^h58^m9^s$ (t. m. c. d'Athènes); elle a duré jusqu'à $5^h59^m29^s$, présentant plusieurs groupements d'ondes de périodes et d'amplitudes différentes. A la composante NW-SE (plume occidentale), la phase ne commence que 6 secondes plus tard et finit en même temps que sur l'autre; elle présente aussi plusieurs subdivisions qui varient quant à la période et à l'amplitude.

Les oscillations de la composante NW-SE se dessinent avec des amplitudes plus grandes, des périodes plus courtes et une allure bien plus régulière que celles de la composante NE-SW.

Au premier coup d'œil, on dirait que ce sismogramme provient d'un tremblement de terre *très rapproché;* on ne distingue, sur aucun des deux diagrammes, les deux phases préliminaires, qui sont très nettement visibles sur d'autres de nos sismogrammes.

Le 23 janvier 1909, notre sismographe enregistra un nouveau tremblement de terre, qui mérite d'être signalé ici. Sur les diagrammes des deux composantes, on distingue, bien nettement séparées, les deux phases préliminaires; après les premières ondes préliminaires, qui ont commencé à $4^h 28^m 9^s$ (composante NE-SW), se font remarquer, 4 minutes 10 secondes plus tard, les secondes, avec des amplitudes beaucoup plus grandes. Sur l'autre composante (NW-SE) les premiers frémissements ne sont sensibles qu'à $4^h 29^m 19^s$, soit 1 minute 10 secondes plus tard.

La phase principale, qui a débuté à $4^h 35^m 29^s$ (composante NE-SW) est subdivisée en trois groupements : d'abord les périodes sont plus longues et les amplitudes faibles; ensuite les amplitudes augmentent, tandis que les périodes diminuent; et finalement les périodes et les amplitudes diminuent. Le sismogramme est terminé par la phase finale, ayant des périodes un peu plus longues et des amplitudes plus petites.

La formule de Laska, relative à une distance épicentrale supérieure à 2000^{km}, nous donne, en fonction de la durée de la première phase préliminaire ($4^m,1$), 3100^{km}; tandis que la formule $d^{km} = 17,1\,(t_2 - t_1) - 1360^{km}$, relative aussi aux télésismes, donne 2915^{km} et celle de la Commission japonaise, valable pourtant jusqu'à 2000^{km}, indiquerait, en fonction de la durée totale de la préphase, 3237^{km}. La distance épicentrale de ce sisme pour Athènes serait donc d'environ 3000^{km}.

Les courbes magnétiques, qui, pendant l'éruption de la montagne Pelée, ont montré une agitation de nature magnétique ou électrique, ne présentent que quelques accidents, à peine sensibles, provenant probablement d'une transmission mécanique des secousses de ces deux sismes.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un phénomène lumineux observé à Brest dans la soirée du 22 février.* Note de M. **Thierry d'Argenlieu.**

Vers $7^h 15^m$ du soir (temps moyen de Paris), le ciel étant très clair, constellé d'étoiles et l'atmosphère très pure, on voyait à l'Est-Nord-Est, à une dizaine de degrés au-dessus de l'horizon, dans la région du ciel dite *Chevelure*

de Bérénice, une grande tache lumineuse très vive formée de deux traînées nettement séparées vers la queue, et réunies à la tête par une ligne bien nette.

L'ensemble affectait la forme d'un U évasé et se déplaçait assez rapidement de l'Est vers le Nord, en s'élevant lentement, la base de l'U en avant.

L'éclat de la masse lumineuse, très vif au début, allait en diminuant, en même temps que ses dimensions augmentaient notablement. A 7^h40^m, l'éclat était comparable à celui d'une portion brillante de la voie lactée par un temps exceptionnellement clair. A 9^h20^m, la masse s'évanouissait en se fondant dans le ciel.

J'ai pu noter exactement les points suivants de la trajectoire :

A 7^h40^m, la corne inférieure de l'U passe exactement sur l'étoile α du Lévrier. Quand elle la recouvre, l'éclat de l'étoile est affaibli légèrement.

A 8^h5^m, le centre de la base passe par ζ de la Grande Ourse.

Donc le déplacement entre α du Lévrier et ζ de la Grande Ourse s'était effectué en 25 minutes environ.

A 8^h45^m, la base de l'U passait sous la Polaire.

A 9^h20^m, disparition sous Cassiopée.

La longueur des deux branches était très grande, puisqu'on ne cessait de voir la branche inférieure qu'à une dizaine de degrés au-dessus de l'horizon. La branche inférieure se terminait nettement en pointe et était plus contournée que la branche supérieure. Je n'ai distingué aucun noyau particulièrement lumineux, même à la longue-vue ou à la jumelle. Je n'ai perçu aucun son particulier, ni vu se détacher aucune portion de l'ensemble.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de *Minéralogie*, par l'organe de son Doyen, fait connaître la liste suivante de candidats au siège vacant par le décès de M. *A. Gaudry* :

En première ligne . . . . M. **Termier**

En seconde ligne, par ordre alphabétique . . . . MM. **Boule**, **Haug**, **De Launay**

En troisième ligne . . . . M. **Bergeron**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 15 mars 1909.

Orbite cometarie, correnle cosmiche, meteori, per Giovanni Schiaparelli. (Extr. de la *Rivista di Fisica, Matematica e Scienze naturali;* 19e année, no 108, décembre 1908.) Padoue; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur, Associé étranger.)

Étude sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu, par Pierre Duhem, Correspondant de l'Institut de France; 2e série. Paris, A. Hermann et fils, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

La Geometria non-archimedea, per G. Veronese. (Extr. des « *Atti del IV° Congresso internazionale dei Matematici*, Rome, 6-11 avril 1908; t. I.) Rome, 1909; 1 fasc. in-8°, (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

Des hélices aériennes. Théorie générale des propulseurs hélicoïdaux et méthode de calcul de ces propulseurs pour l'air, par S. Drzewiecki. Paris, F.-Louis Vivien, 1909; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Maurice Levy, ainsi que l'opuscule suivant du même auteur.)

De la nécessité urgente de créer un laboratoire d'essais aérodynamiques destiné à fournir aux aviateurs les éléments nécessaires à la construction des aéroplanes, et de la manière d'organiser ce laboratoire, par S. DRZEWIECKI. Paris, F.-Louis Vivien, 1909; 1 fasc. in-8°.

Les Algues marines de la Lorraine; Note préliminaire, par M. MAURICE GOMONT. (Extr. du *Bull. de la Soc. bot. de Fr.:* t. LV, 1908.) Paris; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Conseils aux voyageurs pour la préparation des Algues, par M. MAURICE GOMONT. (Extr. du *Journal de Botanique;* t. XX: n° 1, 1906.) Paris; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Bulletin de l'Office international d'Hygiène publique; t. I, n° 1, janvier 1909. Paris, Office international d'Hygiène publique; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de M. J. de Cazotte, Directeur de l'Office.)

Henri Moissan und die Sonnenphysik, von J.-F.-H. SCHULZ. (Extr. de *Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft:* 43e année, 4e fascicule) Leipzig, W. Engelmann, 1908; 1 fasc. in-8°.

The constitution of the Sun, by J.-F.- HERMANN SCHULZ. (Extr. de l'*Astrophysical Journal,* t. XXIX, n° 1, 1908.) Chicago, 1908; 1 fasc. in-8°.

Thirteenth Report of the section for the observation of Jupiter, Dr T.-E.-R. PHILLIPS. (*Mem. of the British Astronomical Association;* t. XVI, part 2.) Londres; 1 fasc. in-8°.

Synopsis of the Report of the Superintendent of the United States naval Observatory, the fisical year ending june 30, 1908. Washington, 1908; 1 fasc. in-8°.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution showing the operations, expenditures and condition of the Institution, for the year ending june 30, 1907. Washington, 1908; 1 vol. in-8°.

Publications of the University of Manchester. Historical series, n° 8. *Malaria and Greek History*, by W.-H.-S. JONES; to wich is added *The History of Greek therapeutics and the Malaria theory*, by E.-T. WITHINGTON. Manchester, 1909; 1 vol. in-8°.

Report of the Chief of Weather Bureau, 1906-1907. Washington, 1908; 1 vol. in-4°.

Bulletin of the Bureau of Fisheries: t. XXVII, 1907, GEORGES-M. BOWERS, Commissioner. Washington, 1908; 1 vol. in-4°.

The american Society of mechanical Engineers. Year book, 1909. (Supplement to *The Journal of the american Society of mechanical Engineers,* january 1909.) New-York; 1 vol. in-8°.

Almanaque nautico para el año 1910, *calculado de orden de la Superioridad en el Instituto y Observatorio de Marina de San-Fernando para el meridiano de Greenwich.* San-Fernando, 1908; 1 vol. in-4°.

Twenty-fourth Annual report of the Bureau of animal industrie, for the year 1907. Washington, 1909; 1 vol. in-8°.

Revista do Museu Paulista, publicada por RODOLPHO VON IHERING; t. VII. São-Paulo, 1907; 1 vol. in-8°.

Publications of the Massachusetts general Hospital: Selected papers; t. II, n° 1, october 1908. Boston; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Colmar; nouvelle série, t. IX, années 1907 et 1908. Colmar, 1908; 1 vol. in-8°.

Sammlung von Arbeiten, ausgeführt von Studenten am meteorologischen Observatorium der k. Universität zu Jurjew (Dorpat), redigiert von Prof. Dr B. Sresnewsky; Bd. II, 1908. Jurjew, 1909; 1 vol. in-8°.

Raccolta Vinciana presso l'Archivo storico del Comune di Milano; 1er fasc., 1907; 3e fasc., 1907. Milan; 2 fasc. in-12.

Rendiconti del Circolo matematico di Palermo. Direttore: G.-B. GUCCIA; t. XXVII, fasc. 1, gennajo-febbrajo; fasc. 2, marzo-aprile; *Supplemento,* t. IV, n° 1-2, anno 1909. Palerme; 3 fasc. in-4°.

Atti della Reale Accademia dei Lincei; série Va, *Rendiconti: Classe di scienze fisiche, matematiche i naturali;* t. XVIII, fasc. 1-5, 1er semestre 1909. Rome; 5 fasc. in-4°.

Memorie della Societa degli Spettroscopisti italiani; t. XXXVIII, dispensa 1a, 1909. Catane; 1 fasc. in-4°.

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen an den Landesstationen in Bosnien-Hercegovina, in den Jahren 1906 *und* 1907. Sarajevo, 1908; 1 fasc. in-4°.

Annales de l'Observatoire royal de Belgique; nouvelle série: *Physique du Globe;* t. IV, fasc. 1. Bruxelles, Hayez, 1908; 1 vol. in-4°.

Annalen der kaiserlichen Universitäts-Sternwarte in Strassburg, herausgegeb. von E. BECKER, Direktor; Bd. III. Carlsruhe, 1909; 1 vol. in-4°.

Publications of the Washburn Observatory of the University of Wisconsin; t. XII: *Determination of proper motion,* 1902-1907. Madison, Wis., 1908; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 22 février 1909).

Note de M. *B. Hostinsky,* Sur quelques figures déterminées par les éléments infiniment voisins d'une courbe gauche :

Page 464, formules (II) et (III), et page 465, dernière formule, *au lieu de* q, *lisez* 9.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MARS 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations différentielles homogènes.* Note de M. **Gaston Darboux**.

8. Les résultats précédemment donnés ([1]) s'appliquent tous à un système linéaire particulier, caractérisé par la propriété d'admettre une intégrale quadratique. Il me paraît intéressant de les rattacher à des remarques et à des méthodes générales, d'ailleurs très élémentaires, embrassant tous les systèmes linéaires homogènes sans exception.

Dans la Note qui a été insérée en 1880 à la page 524 du Tome XC des *Comptes rendus*, j'ai donné une généralisation très simple de l'équation adjointe de Lagrange en montrant qu'il y a lieu d'associer à tout système linéaire

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum a_{ik} x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n) \tag{26}$$

le système suivant :

$$\frac{du_i}{dt} = -\sum a_{ki} u_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n). \tag{27}$$

que j'ai appelé le *système adjoint*. En s'inspirant des idées qui ont été indi-

---

([1]) Voir les *Comptes rendus* du 15 mars, p. 673.

quées par Clebsch dans son Mémoire : *Ueber eine Fundamentalaufgabe der Invariantentheorie*, publié en 1872 dans les *Mémoires de la Société de Gœttingue*, on peut étendre beaucoup la notion du système adjoint.

Utilisant les notions fondamentales introduites par la méthode des polaires réciproques de Poncelet et la géométrie des droites de Plücker, Clebsch se propose, dans ce Mémoire, de formuler tout au moins l'énoncé du problème fondamental de la théorie des invariants, et il est conduit à considérer dans un espace à un nombre quelconque de dimensions toutes les *multiplicités linéaires*, d'un nombre moindre de dimensions, qui peuvent y entrer.

Si, par exemple, l'espace est à $n-1$ dimensions, il faudra y envisager : 1° la multiplicité de dimension nulle formée par un point unique; 2° les multiplicités linéaires à une, deux, ..., $n-2$ dimensions déterminées par deux, trois, ..., $n-1$ points. Dans l'espace ordinaire, elles forment le point, la ligne droite, le plan.

Si l'on étudie ces multiplicités au point de vue de la méthode des polaires réciproques, en cherchant pour chacune d'elles les multiplicités d'ordre $n-2$ qui la contiennent tout entière, on verra facilement qu'une multiplicité de la $k^{\text{ième}}$ dimension est contenue dans des multiplicités de la $n-2^{\text{ième}}$ dimension qui forment un ensemble linéaire à $n-k-2$ paramètres.

Analytiquement, la méthode de Clebsch revient à considérer, à côté des multiplicités de dimensions nulles formées par des points tels que les suivants :

$$(28)\quad \left\{\begin{array}{llll} x_1^1, & x_2^1, & \ldots, & x_n^1, \\ x_1^2, & x_2^2, & \ldots, & x_n^2, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, \\ x_1^{n-1}, & x_2^{n-1}, & \ldots, & x_n^{n-1}, \\ x_1^n, & x_2^n, & \ldots, & x_n^n, \end{array}\right.$$

les multiplicités linéaires à une, deux, ..., dimensions formées avec deux, trois, ..., de ces points. Par analogie avec ce qui se passe dans l'espace ordinaire, on est conduit à prendre pour coordonnées de ces multiplicités certains déterminants formés avec les coordonnées des points qui les déterminent. Par exemple, pour la multiplicité d'ordre 2 assujettie à contenir les trois points de coordonnées

$$\begin{array}{llll} x_1^1, & x_2^1, & \ldots, & x_n^1, \\ x_1^2, & x_2^2, & \ldots, & x_n^2, \\ x_1^3, & x_2^3, & \ldots, & x_n^3, \end{array}$$

les coordonnées seront les $\frac{n(n-1)(n-2)}{6}$ déterminants

$$p_{ikl} = \begin{vmatrix} x_i^1 & x_k^1 & x_l^1 \\ x_i^2 & x_k^2 & x_l^2 \\ x_i^3 & x_k^3 & x_l^3 \end{vmatrix}$$

entre lesquels existent, comme on sait, de nombreuses relations.

Si l'on associe au Tableau (28) le Tableau suivant :

$$(29) \qquad \left\{ \begin{matrix} u_1^1, & u_2^1, & \dots, & u_n^1, \\ u_1^2, & u_2^2, & \dots, & u_n^2, \\ \dots, & \dots, & \dots, & \dots, \\ u_1^n, & u_2^n, & \dots, & u_n^n, \end{matrix} \right.$$

dont les éléments sont déterminés par les relations

$$(30) \qquad \sum_i u_i^h x_i^h = 1,$$

$$(31) \qquad \sum_i u_i^h x_i^{h'} = 0 \quad (h \neq h'),$$

chaque mineur du Tableau (28) est proportionnel au coefficient du mineur correspondant dans le Tableau (29), de sorte que les coordonnées $p_{ikl\dots}$ d'une multiplicité linéaire quelconque peuvent s'exprimer, soit en fonction des x_i^h, soit en fonction des u_i^h par les déterminants dont nous venons d'établir les corrélations.

9. Après avoir rappelé ces idées de Clebsch, appliquons-les à la question actuelle et revenons au système linéaire (26).

Supposons que le Tableau (28) définisse un système fondamental d'intégrales de ce système, et cherchons à définir directement toutes les multiplicités de dimensions quelconques qui y sont contenues. Commençons par les plus simples, celles dont les coordonnées seraient formées avec les déterminants de deux systèmes de solutions, et posons

$$(32) \qquad u_{ik} = \begin{vmatrix} x_i^1 & x_k^1 \\ x_i^2 & x_k^2 \end{vmatrix}.$$

On aura

$$u_{ik} + u_{ki} = 0$$

et la différentiation montre très simplement que les u_{ik} satisfont aux équa-

tions suivantes :

$$(33)\qquad \frac{du_{ik}}{dt}=\sum a_{i\mu}u_{\mu k}-\sum a_{k\mu}u_{\mu i},$$

qui forment un système linéaire à $\frac{n(n-1)}{2}$ inconnues définissant les multiplicités à une dimension contenues dans la multiplicité formée par l'ensemble des inconnues.

D'après leur définition même, les fonctions u_{ik} satisfont nécessairement à toutes les relations telles que la suivante :

$$\Delta_{iklm}=u_{ik}u_{lm}+u_{il}u_{mk}+u_{im}u_{kl}=0.$$

Or, l'emploi des équations (33) nous permet de démontrer les formules

$$(34)\qquad \frac{d\Delta_{iklm}}{dt}=\sum_{\mu}a_{i\mu}\Delta_{\mu klm}+\sum_{\mu}a_{k\mu}\Delta_{i\mu lm}+\sum_{\mu}a_{l\mu}\Delta_{ik\mu m}+\sum_{\mu}a_{m\mu}\Delta_{ikl\mu},$$

qui montrent que le système (33), envisagé en lui-même et indépendamment de son origine, ne conduit pas nécessairement à des valeurs nulles des Δ_{iklm}. Ce résultat était facile à prévoir; mais il sera avantageux dans certains cas de substituer ou d'adjoindre le système (34) aux équations (33).

Supposons, par exemple, $n=4$. Il y aura alors une seule quantité Δ, Δ_{1234}, et l'on aura

$$\frac{d\Delta}{dt}=(a_{11}+a_{22}+a_{33}+a_{44})\Delta.$$

Comme on peut toujours, en employant une quadrature, faire en sorte qu'on ait

$$a_{11}+a_{22}+a_{33}+a_{44}=0,$$

on reconnaît que, pour le cas particulier où $n=4$, le système linéaire à six inconnues (32) admettra une intégrale quadratique et sera réductible, par conséquent, à ceux qui ont été l'occasion de cette étude. C'est le résultat inverse de celui qui a été établi à l'article 3.

10. Après ce cas particulier, élevons-nous tout de suite au cas le plus général, et voyons comment on pourrait déterminer les multiplicités à un nombre quelconque de dimensions formées avec les solutions du système proposé. Pour ne pas compliquer les notations, bornons-nous à envisager

par exemple, les expressions

$$(35)\qquad u_{iklm}=\begin{vmatrix} x_i^1 & x_k^1 & x_l^1 & x_m^1 \\ x_i^2 & x_k^2 & x_l^2 & x_m^2 \\ x_i^3 & x_k^3 & x_l^3 & x_m^3 \\ x_i^4 & x_k^4 & x_l^4 & x_m^4 \end{vmatrix}.$$

En différentiant on aura le système des équations propres à les déterminer :

$$(36)\qquad \frac{du_{iklm}}{dt}=\sum_\mu a_{i\mu}u_{\mu klm}+\sum_\mu a_{k\mu}u_{i\mu lm}+\sum_\mu a_{l\mu}u_{ik\mu m}+\sum_\mu a_{m\mu}u_{ikl\mu}.$$

On voit immédiatement le mode de formation de ces équations et le moyen de les étendre à un nombre quelconque d'indices. Le nombre de ces indices pouvant varier de 2 à $n-1$, on aura ainsi $n-2$ systèmes linéaires distincts. Nous dirons qu'*ils sont associés au système proposé*.

Il importe de remarquer d'abord que le dernier ne diffère pas essentiellement du système adjoint.

En effet, d'après ce que nous savons du système adjoint, les quantités u_i^k du Tableau (29), qui satisfont aux relations (30) et (31), forment un système fondamental de solutions du système adjoint. Or, si l'on résout ces équations (30) en posant, suivant la notation de Kronecker,

$$\Delta = \text{dét.}\,|\,x_k^i\,|,$$

on aura évidemment

$$(37)\qquad u_k^i=\frac{1}{\Delta}\frac{\partial\Delta}{\partial x_k^i}.$$

Les mineurs $\frac{\partial\Delta}{\partial x_k^i}$ sont précisément les inconnues qui figurent dans notre dernier système associé. Quant à Δ, on peut le déterminer, comme on sait, par une quadrature. Notre dernier système associé est donc identique au fond au système *adjoint*.

Quant à ceux qui précèdent, il résulte évidemment des relations établies à l'article 8 qu'ils pourraient tous se déduire, dans un ordre inverse, du système adjoint. L'avant-dernier, par exemple, serait le premier qui se déduirait du système adjoint, et ainsi de suite.

11. Dès que le nombre des variables croîtra quelque peu, tous les systèmes auxiliaires précédents comprendront un nombre rapidement croissant d'inconnues. Ces inconnues, par exemple, seront au nombre de 15 ou de 20 dès que n sera égal à 6.

Dans tous les cas, elles seront liées, il est vrai, par un grand nombre de

relations. Mais ces relations seront plus ou moins simples, plus ou moins dépendantes les unes des autres, et leur considération peut introduire de grandes complications. Nous allons montrer qu'on peut substituer à ces systèmes associés d'autres systèmes d'équations différentielles, qui à la vérité ne seront plus linéaires, mais où les fonctions inconnues seront indépendantes, en ce sens que leurs valeurs initiales pourront être choisies arbitrairement. Ces systèmes nous apparaissent comme la véritable généralisation de l'équation de Riccati.

Envisageons à cet effet un système linéaire homogène de la forme la plus générale tel que le système (26), et considérons un système fondamental de solutions donné par le Tableau (28). L'intégrale générale du système sera de la forme

$$(38)\qquad \left\{\begin{array}{l} x_1 = C_1 x_1^1 + C_2 x_1^2 + \ldots + C_n x_1^n, \\ x_2 = C_1 x_2^1 + C_2 x_2^2 + \ldots + C_n x_2^n, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ x_n = C_1 x_n^1 + C_2 x_n^2 + \ldots + C_n x_n^n. \end{array}\right.$$

Établissons, entre les constantes $C_1, C_2, \ldots, C_n$, p relations linéaires

$$(39)\qquad \left\{\begin{array}{l} C_1 = h_{11} C_{p+1} + h_{12} C_{p+2} + \ldots + h_{1,n-p} C_n, \\ C_2 = h_{21} C_{p+1} + h_{22} C_{p+2} + \ldots + h_{2,n-p} C_n, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ C_p = h_{p1} C_{p+1} + h_{p2} C_{p+2} + \ldots + h_{p,n-p} C_n, \end{array}\right.$$

où les h_{ik} désignent des constantes quelconques, au nombre de $p(n-p)$. Les x_i deviendront des fonctions linéaires de $C_{p+1}, C_{p+2}, \ldots, C_n$, et l'on aura

$$(40)\qquad x_i = v_{i1} C_{p+1} + v_{i2} C_{p+2} + \ldots + v_{i,n-p} C_n,$$

les v_{ik} ayant pour valeurs

$$(41)\qquad v_{ik} = x_i^{p+k} + \sum_{\mu=1}^{\mu=p} h_{\mu k} x_i^{\mu}.$$

Par suite on aura, entre les x_i, p relations indépendantes des constantes C_{p+h}, et p relations seulement. On peut d'ailleurs former ces relations et les écrire comme il suit :

$$(42)\qquad \Delta_i = \begin{vmatrix} x_i & v_{i1} & v_{i2} & v_{i,n-p} \\ x_{p+1} & v_{p+1,1} & \ldots & v_{p+1,n-p} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ x_n & v_{n1} & \ldots & v_{n,n-p} \end{vmatrix} = 0,$$

i pouvant prendre toutes les valeurs $1, 2, \ldots, p$.

On peut résoudre les équations précédentes par rapport aux x_i, et l'on aura

$$(43)\qquad x_i = \varpi_{i1} x_{p+1} + \varpi_{i2} x_{p+2} + \ldots + \varpi_{i,n-p} x_n \qquad (i = 1, 2, \ldots, p),$$

en posant, pour abréger,

$$(44)\qquad \varpi_{ik} = -\frac{\partial \Delta_i}{\partial x_{p+1}} : \frac{\partial \Delta_i}{\partial x_i}.$$

On peut donc considérer comme connue la forme des expressions ϖ_{ik} en fonction des constantes arbitraires h_{ik}; absolument comme on connaît, dans le cas de l'équation de Riccati, la forme de l'intégrale générale en fonction de la constante arbitraire.

Or on peut former aisément les équations différentielles qui déterminent les quantités ϖ_{ik}.

12. Remarquons d'abord que, si l'on élimine $x_1, \ldots, x_p$ à l'aide des équations (43), on donnera aux équations différentielles proposées la forme suivante :

$$(45)\qquad \frac{dx_i}{dt} = \mathrm{H}_{i1} x_{p+1} + \mathrm{H}_{i2} x_{p+2} + \ldots + \mathrm{H}_{i,n-p} x_n,$$

où l'on a

$$(46)\qquad \mathrm{H}_{ik} = a_{i,p+k} + a_{i1}\varpi_{1k} + a_{i2}\varpi_{2k} + \ldots + a_{ip}\varpi_{pk}.$$

Si d'abord on met à part les p premières équations (45), en y remplaçant les x_i par leur valeur tirée des équations (43), il viendra

$$\sum_k x_{p+k}\left(\frac{d\varpi_{ik}}{dt} - \mathrm{H}_{ik} + \sum_\mu \varpi_{i\mu}\mathrm{H}_{p+\mu,k}\right) = 0.$$

Comme il ne doit y avoir aucune relation linéaire entre les x_{p+k}, il faut donc qu'on ait

$$(47)\qquad \frac{d\varpi_{ik}}{dt} = \mathrm{H}_{ik} - \sum_\mu \varpi_{i\mu}\mathrm{H}_{p+\mu,k}.$$

Cela donne un système de $p(n-p)$ équations différentielles du premier ordre propre à déterminer les $p(n-p)$ fonctions ϖ_{ik}. Elles ne sont pas linéaires, mais, comme il arrive pour l'équation de Riccati, leurs seconds membres sont du second degré par rapport aux fonctions inconnues.

Supposons qu'on les ait intégrées. Alors les $n-p$ dernières équa-

tions (45) formeront un système linéaire

$$\frac{dx_{p+k}}{dt} = \mathrm{H}_{p+k,1}x_{p+1} + \ldots + \mathrm{H}_{p+k,n-p}x_n \tag{48}$$

qui déterminera les valeurs les plus générales des $n-p$ inconnues $x_{p+1}, \ldots, x_n$. Quant aux p premières $x_1, x_2, \ldots, x_p$, elles s'obtiendront ensuite sans intégration nouvelle à l'aide des relations linéaires (43).

13. Il nous reste maintenant à établir la relation que nous avons énoncée à l'article 11, c'est-à-dire à montrer que la nouvelle méthode de solution équivaut à celle que nous avons déduite de la considération des systèmes associés. Cela ne présente aucune difficulté. Si nous substituons en effet, dans les formules (43), successivement $n-p$ systèmes de solutions du système fondamental, choisis comme on voudra,

$$x_1^i, \quad x_2^i, \quad x_3^i, \quad \ldots, \quad x_n^i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-p),$$

on aura $n-p$ équations

$$x_h^i = \sum_{\mu=1}^{\mu=n-p} \varpi_{h\mu} x_{p+\mu}^i,$$

qui détermineront les $\varpi_{h\mu}$ en fonction de ces solutions. Le dénominateur commun des valeurs des $\varpi_{h\mu}$ sera

$$\begin{vmatrix} x_{p+1}^1 & x_{p+2}^1 & \ldots & x_n^1 \\ x_{p+1}^2 & \ldots & \ldots & x_n^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ x_{p+1}^n & \ldots & \ldots & x_n^{n-p} \end{vmatrix}.$$

Quant aux numérateurs, on les obtiendra en remplaçant dans une des colonnes du déterminant précédent l'indice inférieur $p+k$ par un indice au plus égal à p.

Ces numérateurs et ces dénominateurs ne sont autres, par conséquent, que les déterminants qui entrent dans les solutions générales d'un même système associé. Ce sont ceux de ces déterminants entre lesquels il n'existe, *a priori*, aucune relation.

14. Je laisserai au lecteur le soin de rapprocher les remarques générales que je viens de présenter des méthodes que j'ai appliquées au cas spécial où il y a une intégrale quadratique; mais je terminerai en donnant deux propositions relatives aux systèmes associés.

La première n'est qu'une généralisation d'un théorème que j'avais établi pour l'équation de Riccati dans le Volume dédié à la mémoire du P. Chelini et que j'ai étendu ensuite dans le Tome XC des *Comptes rendus* aux systèmes linéaires les plus généraux.

Sous une forme abrégée, ce théorème s'énonce comme il suit :

Si un système linéaire homogène d'équations différentielles admet une intégrale algébrique, nécessairement homogène, toutes les formes adjointes (*covariants, contrevariants, formes mixtes*) *donnent encore des intégrales du même système.*

Les formes adjointes que j'avais ainsi considérées ne contenaient que deux espèces différentes de variables, par exemple des coordonnées de points et des coordonnées de plans dans l'espace ordinaire. L'introduction des systèmes associés permet d'étendre le théorème aux formes invariantes les plus générales telles que Clebsch les a définies, c'est-à-dire à celles qui contiennent les coordonnées de toutes les multiplicités linéaires qui peuvent exister dans un espace donné. Dans l'espace ordinaire, ces formes pourraient renfermer, ensemble ou séparément, non seulement des coordonnées de points et de plans, mais aussi des coordonnées de lignes droites.

Pour ne donner qu'un exemple, si le système fondamental admet une intégrale quadratique, il en est de même de tous les systèmes associés.

15. La seconde proposition sur laquelle j'insisterai est la suivante :

Quand on peut intégrer le système fondamental, on peut aussi intégrer complètement chacun des systèmes associés, considéré indépendamment de tous les autres.

Parmi les différentes manières de la démontrer, je choisirai la suivante :

Si l'on soumet le système fondamental à une substitution linéaire quelconque, il est clair que tous les systèmes associés seront soumis à une substitution linéaire dérivée de la première. Si on les soumet à cette substitution dérivée, ils demeureront les systèmes associés au nouveau système fondamental.

D'après cela, effectuons la substitution linéaire qui réduit le système fondamental à la forme

$$\frac{dx_i}{dt} = 0. \tag{49}$$

Toutes les quantités a_{ik} étant devenues nulles, les systèmes associés pren-

dront les formes suivantes :

$$\frac{du_{ik}}{dt}=0, \qquad \frac{du_{ikl}}{dt}=0, \qquad \ldots,$$

et pourront, par conséquent, être immédiatement intégrés.

Ainsi la réduction du système fondamental à la forme (49), c'est-à-dire son intégration, entraîne celle de tous les systèmes associés.

ASTRONOMIE. — *Contribution à la recherche des planètes ultraneptuniennes.* Note de M. **A. Gaillot.**

Dans une Communication faite à l'Académie le 30 décembre 1907, nous avons exprimé l'avis que, l'ensemble des observations de Neptune dont on dispose actuellement correspondant à une trop faible partie d'une révolution entière, il serait prématuré de vouloir les faire servir à la recherche d'une planète plus éloignée du Soleil.

Dans ces derniers temps, M. Lau d'abord, et ensuite M. G. Forbes et M. W.-H. Pickering, ont cherché à déterminer la position de cette planète hypothétique et sont arrivés à des conclusions tout à fait discordantes.

En présence de ces divergences, nous avons cherché s'il ne serait pas possible de trouver quelque indication utile pour la solution du problème par l'examen des observations d'Uranus, dont l'ensemble comprend, outre quatorze observations faites de 1690 à 1771, une série régulière et continue qui va de 1781 à l'époque actuelle.

Nous avons fait successivement trois hypothèses relatives à la distance au Soleil de la planète cherchée : $a'=44$, $a''=46$ et $a'''=48$.

Les moyens mouvements correspondant à chacune d'elles sont respectivement :

$$n'=4441''=1^{gr},3707, \qquad n''=4154''=1^{gr},2811, \qquad n'''=3897''=1^{gr},2028.$$

Le temps t étant compté à partir de 1850, la longitude moyenne d'Uranus, exprimée en grades, et rapportée à l'équinoxe moyen de 1850, a pour valeur

$$l=32^{gr},54+4^{gr},7608\,t.$$

On aura donc, pour la différence des longitudes moyennes,

$$\begin{aligned}\zeta' &= l'-l=l'-32^{gr},54-3^{gr},3901\,t,\\ \zeta'' &= l''-l=l''-32^{gr},54-3^{gr},4797\,t,\\ \zeta''' &= l'''-l=l'''-32^{gr},54-3^{gr},5580\,t,\end{aligned}$$

les valeurs initiales l', l'' et l''' se rapportant à l'époque 1850.

En attribuant à la planète hypothétique la masse $m = \frac{1}{20000}$, et en ne tenant compte que des termes indépendants des excentricités et des inclinaisons, les perturbations de la longitude vraie d'Uranus seront représentées par les formules :

$$\begin{array}{lll}
\delta v' = +5'',3 \sin \zeta', & \delta v'' = +4'',5 \sin \zeta'', & \delta v''' = +3'',8 \sin \zeta''', \\
\quad -5'',3 \sin 2\zeta', & \quad -4'',3 \sin 2\zeta'', & \quad -3'',3 \sin 2\zeta''', \\
\quad -0'',5 \sin 3\zeta', & \quad -0'',4 \sin 3\zeta'', & \quad -0'',4 \sin 3\zeta''', \\
\quad -0'',2 \sin 4\zeta', & \quad -0'',1 \sin 4\zeta'', & \quad -0'',1 \sin 4\zeta'''.
\end{array}$$

Désignons par ζ'_0 la valeur de ζ' à l'époque 1850, dans le cas où la planète cherchée serait à la distance $a' = 44$, et soit d'abord $\zeta'_0 = 0^{gr}$.

A l'aide des formules précédentes nous avons pu calculer les valeurs de ζ' correspondant à chacune des observations faites de 1690 à 1903, dont nous avons tenu compte dans notre théorie du mouvement d'Uranus. ζ' étant connu, nous avons déduit des formules ci-dessus les valeurs correspondantes de $\delta v'$.

Reprenant l'ensemble des équations de condition en longitude, nous avons introduit dans chacune d'elles une nouvelle inconnue, $\mu' = \frac{m'}{m}$, m' représentant la masse réelle de la planète perturbatrice, et m étant, comme nous l'avons dit, égal à $\frac{1}{20000}$. Quant au coefficient numérique de μ', nous l'avons formé en prenant la moyenne des valeurs de $\delta v'$, se rapportant à chacune des observations ayant concouru à la formation de l'équation.

De l'ensemble des équations ainsi modifiées nous avons déduit, par l'application de la méthode des moindres carrés, les corrections à apporter aux valeurs initiales des éléments de l'orbite d'Uranus, et en plus la valeur de μ'.

En opérant ainsi pour toutes les valeurs de ζ'_0, prises de 50^{gr} en 50^{gr}, de 0^{gr} à 350^{gr}, nous avons trouvé successivement

Pour $\zeta'_0 = 0^{gr}$	$\mu' = -0,046$,	Pour $\zeta'_0 = 200^{gr}$	$\mu' = +0,184$,
50	$+0,126$,	250	$+0,120$,
100	$-0,062$,	300	$-0,077$,
150	$-0,028$,	350	$-0,124$.

Nous n'avons à retenir que les valeurs de ζ'_0 pour lesquelles μ' est positif, le maximum se trouvant, comme il est facile de le voir, entre $\zeta'_0 = 200^{gr}$ et $\zeta'_0 = 250^{gr}$.

L'erreur moyenne correspondant à chaque équation de condition, dans la comparaison des positions observées d'Uranus aux positions calculées à

l'aide de nos Tables, est $\varepsilon_m = \pm 1'',02$, valeur obtenue en attribuant les poids 1, $\frac{3}{2}$ et 2 aux équations dépendant respectivement des observations faites aux époques 1690-1771, 1781-1830 et 1836-1903.

Quand on fait intervenir l'action d'une planète circulant au delà de l'orbite de Neptune, l'erreur moyenne est minima dans les cas suivants :

$$a' = 44, \quad \zeta'_0 = 210^{gr}, \quad \mu' = +0,184, \quad m' = \frac{1}{108\,800}, \quad \varepsilon_m = \pm 0'',94,$$

$$a'' = 46, \quad \zeta'_0 = 210^{gr}, \quad \mu'' = +0,209, \quad m'' = \frac{1}{95\,900}, \quad \varepsilon_m = \pm 0'',94.$$

La valeur $\mu' = +0,126$, correspondant à $a' = 43$ et $\zeta'_0 = 50^{gr}$, nous a suggéré l'idée qu'il pouvait exister une seconde planète encore plus éloignée du Soleil que celle dont nous venons de déterminer approximativement la position.

Partant de cette hypothèse, admise d'ailleurs par M. Lau, nous avons étudié l'action qu'une telle planète exercerait sur Uranus, en la supposant successivement aux distances $a^{IV} = 66$, $a^{V} = 68$ et $a^{VI} = 70$.

Les moyens mouvements correspondant à chacune de ces distances étant respectivement

$$n^{IV} = 2417'' = 0^{gr},7460, \quad n^{V} = 2311'' = 0^{gr},7132, \quad n^{VI} = 2213'' = 0^{gr},6830,$$

on aura

$$\zeta^{IV} = l^{IV} - 32^{gr},54 - 4^{gr},015\,t,$$
$$\zeta^{V} = l^{V} - 32^{gr},54 - 4^{gr},048\,t,$$
$$\zeta^{VI} = l^{VI} - 32^{gr},54 - 4^{gr},078\,t,$$

et, pour les perturbations de la longitude vraie d'Uranus, la masse de la planète perturbatrice étant encore supposée égale à $\frac{1}{200000}$,

$$\delta v^{IV} = +1'',28 \sin \zeta^{IV} - 0'',71 \sin 2\zeta^{IV}, \quad \delta v^{V} = +1'',16 \sin \zeta^{V} - 0'',62 \sin 2\zeta^{V}, \quad \delta v^{VI} = +1'',07 \sin \zeta^{VI} - 0'',54 \sin 2\zeta^{VI}.$$

Introduisant dans nos équations de condition une nouvelle inconnue, μ^{IV} par exemple, dans le cas de $a^{IV} = 66$, nous avons considéré successivement diverses combinaisons des positions des deux planètes, et, appliquant toujours la méthode des moindres carrés à l'ensemble des équations de condition correspondant à un même groupement, nous avons trouvé que les valeurs minima de l'erreur moyenne correspondaient aux groupements suivants :

$$a'\,a^{IV}, \quad \zeta'_0 = 200^{gr}, \quad \zeta^{IV}_0 = 50^{gr}, \quad \varepsilon_m = \pm 0,86.$$
$$a''\,a^{IV}, \quad \zeta''_0 = 200^{gr}, \quad \zeta^{IV}_0 = 50^{gr}, \quad \varepsilon_m = \pm 0,86,$$

La première combinaison donne, en outre,

$$m' = \frac{1}{64\,000}, \qquad \mu^{\text{IV}} = \frac{1}{13\,400}.$$

La deuxième,

$$m'' = \frac{1}{64\,300}, \qquad \mu^{\text{IV}} = \frac{1}{15\,200}.$$

Comme conclusion on peut donc admettre l'existence possible de deux planètes, l'une à la distance $a' = 44$, dont la masse serait $\frac{1}{64000}$ environ; l'autre, à la distance $a^{\text{IV}} = 66$ et d'une masse approximative égale à $\frac{1}{14000}$. La distance au Soleil de l'une et de l'autre serait d'ailleurs affectée d'une assez grande incertitude.

En 1850, la longitude de la première planète aurait été de $232^{\text{gr}},5 = 209°,3$; celle de la deuxième, de $82^{\text{gr}},3 = 74°,1$.

En 1910, la longitude de la première serait de 284°,2; celle de la seconde, de 114°,6.

Si l'on admet que l'inclinaison des orbites est peu considérable, en 1910 on aurait pour la première Æ $= 19^{\text{h}}0^{\text{m}}$, $\mathbb{D} = -22°,7$, et pour la deuxième Æ $= 7^{\text{h}}48^{\text{m}}$ et $\mathbb{D} = +21°,8$.

Ces résultats ne doivent être acceptés d'ailleurs qu'avec une extrême réserve. En effet, les différences entre les positions observées d'Uranus et celles qui sont calculées à l'aide de nos Tables ne dépassent guère les limites des erreurs probables des observations augmentées de celles qui résultent des imperfections de la théorie, et par conséquent n'ont pu fournir que des éléments certainement insuffisants pour assurer l'exactitude complète de notre travail. On ne devra donc considérer les résultats précédents que comme une indication des régions du ciel où les recherches ont le plus de chances d'être couronnées de succès.

Il est à remarquer toutefois que la position que nous avons indiquée pour la première des deux planètes concorde avec celle qu'a trouvée M. Lau, en se servant des documents fournis par la théorie du mouvement d'Uranus de Newcomb. En 1900 la longitude serait 271° d'après nos calculs et 269° d'après ceux de M. Lau.

Par contre, la différence pour la seconde planète serait très considérable : 108° au lieu de 153°. Mais, par une coïncidence assez curieuse, peut-être fortuite d'ailleurs, il arrive que la position trouvée par nous pour cette seconde planète concorde avec celle qu'a indiquée M. W.-H. Pickering : Æ $= 7^{\text{h}}47^{\text{m}}$, $\mathbb{D} = +21°$. Jusqu'à présent nous ignorons complètement com-

ment M. Pickering est arrivé à ce résultat, et à quelle distance du Soleil il place cette planète.

En ce qui concerne la position assignée par M. G. Forbes à une planète ultraneptunienne : $a = 105$, longitude dans l'orbite $= 215°$ en 1908, nous ne pouvons déduire de notre travail aucune conclusion favorable ou contraire à cette indication : une planète aussi éloignée ne pouvant produire une perturbation appréciable du mouvement d'Uranus.

Pour compléter notre recherche, il nous restait à étudier une dernière question : celle qui concerne l'influence, sur le mouvement de Neptune, des planètes dont nous avons indiqué précédemment les masses et les positions.

Nous avons donc calculé les perturbations de la longitude qui seraient produites par ces planètes hypothétiques, et nous les avons ajoutées aux expressions primitives de l'excès des valeurs calculées sur les valeurs observées, dans les équations de condition en longitude de notre théorie du mouvement de Neptune.

La résolution de ces équations ainsi modifiées a donné pour les inconnues des valeurs notablement différentes de celles qui avaient été obtenues avant cette modification; mais les résidus *calcul-observation* correspondant à chaque équation n'ont éprouvé aucun changement sensible. La conclusion à tirer de cette constatation, c'est que, comme nous l'avions prévu, les observations de Neptune ne peuvent servir actuellement à la recherche d'une planète plus éloignée du Soleil.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le bureau la seconde édition du Tome III de son *Traité d'Analyse*, s'exprime comme il suit :

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la seconde édition du Tome III de mon *Traité d'Analyse*. Le plan de cette deuxième édition ne diffère pas sensiblement de celui de la première. J'ai toutefois fait diverses additions, particulièrement dans la discussion des singularités des équations différentielles ordinaires, et dans l'étude de leurs solutions au point de vue de la stabilité, tel que l'entend M. Liapounoff. Je montre aussi comment des approximations successives, convenablement dirigées, peuvent conduire aux représentations asymptotiques des intégrales des équations linéaires. J'ai pu enfin consacrer quelques pages à des travaux récents de M. Landau sur la théorie des fonctions. »

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de *Minéralogie*, en remplacement de M. *A. Gaudry*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 60,

M. Termier obtient	. . . .	33 suffrages
M. Haug »	. . . .	14 »
M. Boule »	. . . .	13 »

M. **Termier**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Service géographique de l'Armée. *Rapport sur les travaux exécutés en* 1907.

2° Les 108 premiers fascicules des *Communications from the physical Laboratory at the University of Leiden,* by Prof. Dr H. Kamerlingh Onnes.

3° *La materia radiante e i raggi magnetici,* par Augusto Righi.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de la comète* 1908 *c* (*Morehouse*). Note de MM. **A. de la Baume-Pluvinel** et **F. Baldet**, présentée par M. M. Hamy.

Dans une première Note [1], nous avons indiqué les particularités très remarquables du spectre de la comète Morehouse et nous avons donné les longueurs d'ondes des principales radiations émises par cette comète. Nous ne disposions alors que de six clichés obtenus avec une faible dispersion ($2^{mm},2$ entre F et H), de sorte que les nombres donnés étaient notablement erronés. Mais, dans le courant d'octobre et de novembre, grâce à

[1] *Comptes rendus,* 19 octobre 1908.

la substitution d'un prisme de 60° au prisme de 20° 18', nous avons obtenu des spectres plus dispersés ($10^{mm},9$ entre F et H). En employant des plaques au pinacyanol, nous avons pu étudier la partie jaune du spectre; et, pour l'ultra-violet, nous avons eu recours à une chambre prismatique en spath et quartz. Nous avons obtenu, en tout, 28 clichés représentant une durée totale de pose de $72^h 49^m$. C'est le résultat de l'étude de ces clichés que nous présentons.

Le spectre consiste en images monochromatiques de la comète distribuées par paires. Quatre paires ou doublets sont très intenses et attirent tout d'abord l'attention. Mais, entre ces doublets, on en distingue de plus faibles; de plus, dans le jaune et l'ultra-violet, on découvre des condensations qui se présentent aussi par paires. Une étude approfondie des clichés nous a permis de reconnaître l'existence de 21 doublets. Sur ce nombre 18 ont été dédoublés assez distinctement pour que l'on ait pu mesurer leurs deux composantes. Quant aux trois autres doublets, assez peu visibles, on n'a pu que pointer leur milieu. Ayant remarqué qu'un doublet faible était intercalé entre deux doublets intenses, nous avons été conduits à supposer l'existence de deux séries distinctes de doublets, et nous avons cherché si les raies de ces séries étaient distribuées dans le spectre suivant une loi connue. Or, nous avons trouvé que les doublets étaient distribués suivant la loi de Deslandres qui régit la position des têtes des bandes dans les spectres de bandes. En considérant les composantes des doublets comme des têtes de bandes, les doublets intenses donnent deux séries A_1 et A_2, et les doublets faibles donnent deux autres séries B_1 et B_2. Nous indiquons ci-dessous les longueurs d'ondes observées et calculées des têtes de bandes de ces quatre séries. La détermination des constantes des formules et l'application de ces formules ont été faites par M. A. Kannapell, qui est très au courant de ce genre de recherches.

Séries intenses.

Série A_1.

$$\frac{1}{\lambda}10^7 = 68\,560,7 - 11,7379\,(m + 0,032)^2.$$

m.	λ observés.	λ calculés.	Écarts $o - c$.
57......	329,4	329,15	+0,25
58......	344,6	344,46	+0,14
59......	361,1	361,57	−0,47
60......	380,34	380,82	−0,48
61......	402,33	402,61	−0,28
62......	427,90	427,46	+0,44
63......	457,58	456,08	+1,50
64......	487,90	489,38	−1,48
65......	observé	528,57	»
66......	»	575,34	»
67......	observé	632,15	»
68......	702,74	702,59	+0,15

Série A_2.

$$\frac{1}{\lambda}10^7 = 98\,215,2 - 6,9979\,(m + 0,314)^2.$$

m.	λ observés.	λ calculés.	Écarts $o - c$.
98.......	326,9	327,05	−0,15
99.......	343,6	342,55	+1,05
100.......	358,6	359,76	−1,16
101.......	378,26	379,00	−0,74
102.......	400,34	400,64	−0,30
103.......	425,69	425,15	+0,54
104.......	454,92	453,14	+1,78
105.......	484,61	485,41	−0,80
106.......	observé	523,01	»
107.......	»	567,38	»
108.......	observé	620,50	»
109.......	684,84	685,26	−0,52

Séries faibles.

Série B_1.

$\frac{1}{\lambda} 10^7 = 49\,255,6 - 21,2107\,(m + 0,400)^2.$

30......	338,5	337,23	+1,3
31......	353,0	352,82	+0,18
32......	370,1	370,52	−0,42
33......	390,76	390,72	+0,04
34......	414,37	413,98	+0,39
35......	441,19	441,01	+0,18
36......	472,19	472,77	−0,58
37......	510,67	510,54	+0,13
38......	556,27	556,20	+0,07
39......	observé	612,41	»

Série B_2.

$\frac{1}{\lambda} 10^7 = 56\,272,7 - 16,0768\,(m + 0,614)^2.$

40.......	335,7	336,08	−0,38
41.......	351,9	351,70	+0,20
42.......	368,7	369,29	−0,59
43.......	389,82	389,23	+0,59
44.......	411,40	411,96	−0,56
45.......	438,77	438,15	+0,62
46.......	469,53	468,58	+0,95
47.......	502,11	504,39	−2,28
48.......	548,22	547,08	+1,14
49.......	observé	598,80	»

En examinant le Tableau ci-dessus, on constate que l'accord entre les longueurs d'ondes observées et calculées est très satisfaisant. On est donc conduit à admettre que la plus grande partie des radiations de la comète Morehouse est fournie par un même gaz présentant un spectre de bandes dont les têtes suivent la loi de Deslandres. Ce spectre n'a pu être identifié avec aucun spectre de bandes connu.

Notons que les doublets les plus intenses paraissent être accompagnés, du côté du violet, d'une troisième image monochromatique; il y a donc probablement trois têtes dans une bande.

L'écartement des doublets, exprimé en longueurs d'ondes ou en fréquences, n'est ni constant ni proportionnel aux longueurs d'ondes ou aux fréquences des doublets. Signalons aussi que l'écartement des composantes des doublets n'a pas varié du 15 octobre au 29 novembre.

Les doublets ne sont pas les seules images monochromatiques de la comète qui figurent dans son spectre. Une image complète de la comète, avec une queue assez étendue, se rencontre à $\lambda 391,47$. Cette image correspond à la première tête de la bande caractéristique du spectre de l'azote aux basses pressions (spectre du pôle négatif, $\lambda 391,37$). D'autres images moins intenses coïncident avec les trois autres bandes de ce même spectre de l'azote.

Au commencement de l'ultra-violet ($\lambda 388,15$ et $\lambda 387,09$), on constate la présence de deux points entourés d'une faible nébulosité. Quoique très intenses, ces points ne sont pas accompagnés d'une image de la queue de la comète; ils coïncident avec les deux premières têtes de la bande du cyanogène qu'on retrouve dans toutes les comètes. Les autres bandes du cyano-

gène correspondent aussi à ces condensations dans le spectre du noyau de la comète.

Enfin, les trois bandes qu'on attribuait autrefois au spectre des hydrocarbures ($\lambda 563,54$; $\lambda 516,53$; $\lambda 473,71$), et qui appartiennent, d'après Konen, au spectre du carbone, se retrouvent aussi dans le spectre de la comète Morehouse, mais avec une très faible intensité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un procédé alterné.* Note de M. E. GOURSAT.

Dans un Mémoire *Sur un problème relatif à l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre* (*Annales de la Faculté de Toulouse*, 1904), j'ai démontré comment on pouvait déterminer par des approximations successives une intégrale de l'équation

$$s = f(x, y, z, p, q), \tag{1}$$

prenant des valeurs données le long de deux courbes issues de l'origine, et situées dans l'angle xOy. A la fin du Mémoire, j'avais indiqué rapidement comment, dans le cas particulier d'une équation *linéaire*,

$$s = ap + bq + cz, \tag{2}$$

la question pouvait se ramener à la résolution d'une équation intégrale, d'une forme considérée par M. Volterra. En étudiant le même problème par une autre voie (*Comptes rendus*, 13 mai 1907), M. Picard l'a également rattaché à la résolution d'une équation intégrale, et la question a été reprise plus récemment par M. A. Myller (*Bulletin de la Société des Sciences de Bucarest*, 1908).

Reprenons l'équation générale de la forme (1). On peut aussi traiter le problème précédent, et bien d'autres du même genre, par un procédé alterné, tout à fait analogue à la méthode employée par M. Schwarz pour le problème de Dirichlet, et par M. Picard pour certaines équations différentielles. Je l'indiquerai rapidement, en me bornant au cas le plus simple, qui consiste à déterminer une intégrale de l'équation (1), s'annulant pour $y = x$ et pour $y = \alpha x$ ($\alpha > 1$). La fonction f est supposée continue dans le domaine D défini par les inégalités

$$0 \leqq x \leqq a, \quad 0 \leqq y \leqq a\alpha, \quad |z| \leqq Z, \quad |p| \leqq P, \quad |q| \leqq Q,$$

a, Z, P, Q étant des nombres positifs, et satisfait à la condition de Lipschitz dans ce domaine, relativement aux variables z, p, q. Nous voulons définir l'intégrale cherchée dans un rectangle R de côtés r et αr, ayant un sommet à l'origine, et situé dans l'angle xOy, r étant un nombre positif suffisamment petit.

Prenons pour première valeur approchée de cette intégrale $u_0 = 0$. La seconde valeur approchée z_1 sera l'intégrale de l'équation

$$\frac{\partial^2 z_1}{\partial x\,\partial y} = f(x, y, 0, 0, 0) \tag{3}$$

qui est nulle pour $y = 0$ et pour $y = \alpha x$. Cette fonction $z_1(x, y)$ se réduit pour $x = 0$ à une fonction $\psi_1(y)$. Pour la valeur approchée suivante, nous prendrons la fonction $u_2(x, y)$, intégrale de l'équation

$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial x\,\partial y} = f\left(x, y, z_1, \frac{\partial z_1}{\partial x}, \frac{\partial z_1}{\partial y}\right) \tag{4}$$

qui est égale à $\psi_2(y)$ pour $x = 0$, et qui est nulle pour $y = x$. Cette fonction se réduit pour $y = 0$ à une fonction $\varphi_2(x)$. Soit $z_2(x, y)$ l'intégrale de l'équation

$$\frac{\partial^2 z_2}{\partial x\,\partial y} = f\left(x, y, u_1, \frac{\partial u_1}{\partial x}, \frac{\partial u_1}{\partial y}\right), \tag{5}$$

qui est nulle pour $y = \alpha x$, et qui se réduit à $\varphi_2(x)$ pour $y = 0$. Il est clair que ce procédé peut être poursuivi indéfiniment. On obtiendra donc, par des quadratures seulement, et sans avoir à résoudre aucune équation fonctionnelle, une suite illimitée de fonctions

$$z_1,\quad u_1,\quad z_2,\quad u_2,\quad \ldots,\quad z_n,\quad u_n,\quad \ldots,$$

qui sont toutes régulières dans le rectangle R, pourvu que r soit assez petit. Pour $y = 0$, ces fonctions se réduisent à des fonctions de x :

$$\varphi_1(x),\quad \varphi_2(x),\quad \ldots,\quad \varphi_n(x),\quad \ldots,$$

dont la première est nulle, et, pour $x = 0$, à des fonctions de y :

$$\psi_1(y),\quad \psi_2(y),\quad \ldots,\quad \psi_n(y),\quad \ldots.$$

D'une façon générale, $z_n(x, y)$ est l'intégrale de l'équation

$$\frac{\partial^2 z_n}{\partial x\,\partial y} = f\left(x, y, u_{n-1}, \frac{\partial u_{n-1}}{\partial x}, \frac{\partial u_{n-1}}{\partial y}\right) \tag{E$_n$}$$

qui satisfait aux conditions

$$z_n(x, \alpha x) = 0, \qquad z_n(x, 0) = u_{n-1}(x, 0) = \varphi_n(x),$$

tandis que $u_n(x, y)$ est l'intégrale de l'équation

$$(\mathrm{E}'_n) \qquad \frac{\partial^2 u_n}{\partial x\, \partial y} = f\left(x, y, z_n, \frac{\partial z_n}{\partial x}, \frac{\partial z_n}{\partial y}\right)$$

déterminée par les conditions initiales

$$u_n(\alpha, x) = 0, \qquad u_n(0, y) = z_n(0, y) = \psi_n(y).$$

Les procédés de démonstration habituels de la méthode des approximations successives permettent de démontrer que les séries

$$z_1 + (u_1 - z_1) + (z_2 - u_1) + \ldots + (z_n - u_{n-1}) + (u_n - z_n) + \ldots,$$

$$\frac{\partial z_1}{\partial x} + \frac{\partial (u_1 - z_1)}{\partial x} + \frac{\partial (z_2 - u_1)}{\partial x} + \ldots + \frac{\partial (z_n - u_{n-1})}{\partial x} + \frac{\partial (u_n - z_n)}{\partial x} + \ldots,$$

$$\frac{\partial z_1}{\partial y} + \frac{\partial (u_1 - z_1)}{\partial y} + \frac{\partial (z_2 - u_1)}{\partial y} + \ldots + \frac{\partial (z_n - u_{n-1})}{\partial y} + \frac{\partial (u_n - z_n)}{\partial y} + \ldots$$

sont uniformément convergentes dans un rectangle R de dimensions assez petites. Ces fonctions u_n, z_n tendent donc vers une limite commune $\mathrm{Z}(x, y)$ qui satisfait à l'équation

$$\frac{\partial^2 \mathrm{Z}}{\partial x\, \partial y} = f\left(x, y, \mathrm{Z}, \frac{\partial \mathrm{Z}}{\partial x}, \frac{\partial \mathrm{Z}}{\partial y}\right),$$

et il est évident, d'après la façon même dont elle a été obtenue, que cette fonction $\mathrm{Z}(x, y)$ est nulle pour $y = x$ et pour $y = \alpha x$.

Je terminerai par quelques remarques sur cette méthode :

1° Au lieu de prendre pour première valeur approchée $u_0 = 0$, on pourrait prendre une fonction quelconque $u_0(x, y)$, pourvu que $u_0(x, 0)$ vérifie certaines conditions.

2° Il est essentiel, dans cette suite d'opérations, d'associer la droite

$$y = \alpha x \; (\alpha > 1)$$

à la caractéristique $y = 0$, et la droite $y = x$ à la caractéristique $x = 0$. Si l'on associait ces droites d'une autre façon, les approximations ne seraient plus en général convergentes.

3° On pourrait aussi traiter de la même façon le problème suivant : *Déterminer une intégrale de l'équation* (1), *connaissant sa valeur pour* $x = y = 0$,

et sachant qu'on a

$$ap + bq + cz = \varphi(x), \quad \text{pour} \quad y = x,$$
$$a_1 p + b_1 q + c_1 z = \varphi_1(x), \quad \text{pour} \quad y = \alpha x,$$

a, b, c, a_1, b_1, c_1, φ, φ_1 *étant des fonctions données de* x.

La méthode précédente permet de former une suite indéfinie de fonctions analogues aux fonctions u_n, z_n, par des quadratures seulement. Mais cette suite de fonctions n'est pas toujours convergente, comme dans le cas simple examiné tout d'abord.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une application du calcul fonctionnel à l'étude des équations aux dérivées partielles linéaires, du troisième ordre, du type hyperbolique.* Note de M. **R. d'Adhémar**, présentée par M. Émile Picard.

Pour les équations linéaires, du type hyperbolique, d'ordre *deux* ou *trois*, à deux variables, la solution du problème de Cauchy résulte des travaux de Riemann, MM. Darboux, Picard, Delassus, Le Roux, Holmgren, etc.

Un autre problème a aussi été résolu pour l'équation du second ordre :

Former une solution passant par deux courbes gauches concourantes (1).

Je me suis proposé d'étudier une question analogue et de trouver, pour l'équation du troisième ordre, *une solution contenant trois courbes gauches concourantes.*

1. Soit l'équation

$$\frac{\partial^3 z}{\partial x^2 \partial y} = f(x, y),$$

z étant donné sur les droites

$$y = x, \quad \alpha x, \quad \beta x \quad (\beta > \alpha > 1);$$

j'ai un système fonctionnel qui se ramène à l'équation fonctionnelle

$$\left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\beta}\right) H(\alpha\beta x) + \left(\frac{1}{\beta} - 1\right) H(\beta x) + \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) H(\alpha x) = \varphi(x);$$

(1) E. Picard, *Journal de Math.*, 1890 et 1893; Note insérée dans le Tome IV des *Leçons* de M. Darboux, 1896; *Comptes rendus*, 1907. — E. Goursat, *Annales Fac. Toulouse*, 2e série, t. V et VI. — J. Hadamard, *Société math. de France*, t. XXXI et XXXII.

φ est *connu* et, si nous supposons les données *analytiques*, nous avons à étudier les racines entières de l'équation

$$Y = m^x + ap^x + b = 0.$$

Or la courbe $Y(x)$ ne coupe l'axe des x qu'aux points 0 et 1. Donc φ, qui ne contient pas de constante, ne doit pas contenir de terme en x : c'est la seule *condition de possibilité*, qui a un sens géométrique évident.

2. Soit l'équation

$$\left(\frac{\partial}{\partial x} + a\frac{\partial}{\partial y}\right)\frac{\partial^2}{\partial x\,\partial y}z = f(x, y);$$

a est une constante comprise entre 0 et 1. On donne z sur les mêmes droites. Nous avons un système fonctionnel, d'où l'équation

$$N(\delta x) - N(\gamma x) + N(\beta' x) - N(\alpha' x) + N(\alpha x) - N(\beta x) = \varphi(x);$$

δ, γ, ... sont des constantes et l'on a

$$\delta + \beta' + \alpha = \gamma + \alpha' + \beta, \qquad \delta\beta'\alpha = \gamma\alpha'\beta.$$

Nous étudions la courbe

$$Y = \delta^x + \beta'^x + \alpha^x - (\gamma^x + \alpha'^x + \beta^x) = S_x - \Sigma_x,$$

en regardant S_x et Σ_x comme des *fonctions symétriques*, dont une intégrale de Cauchy donne la valeur et la valeur d'une certaine dérivée.

La conclusion est qu'on a

$$S_x - \Sigma_x \neq 0 \qquad (x \geqq 2).$$

De plus, la différence ne peut devenir infiniment petite que si a tend vers *zéro*.

Nous avons donc, comme précédemment, une seule *condition de possibilité*.

3. Si la constante a devient supérieure à *un*, la discussion est délicate et j'aurai bientôt à y revenir.

Si l'on veut enfin supposer que le second membre de l'équation du troisième ordre contient z et ses dérivées des deux premiers ordres, si l'on suppose aussi que les courbes données sont des courbes *gauches*, il faudra recourir aux approximations successives ([1]).

([1]) M. Picard a, le premier, appliqué ses méthodes d'approximations au calcul fonctionnel, dans les *Acta mathematica*, t. XVIII et XXIII.

PHYSIQUE. — *Stabilité et déplacement de l'équilibre.* Note de M. C. Raveau.

1. A partir d'un état stable, toute transformation infiniment petite qu'on produit dans un système, sans en faire varier le volume ni l'énergie, est accompagnée d'une variation d'entropie infiniment petite du second ordre et négative. Pour appliquer cette propriété fondamentale, on imaginera deux systèmes égaux et accouplés, subissant des transformations opposées dans lesquelles les variations $\pm dv$, $\pm \Delta U$ soient égales et de signes contraires, et l'on écrira la condition relative à l'entropie de l'ensemble.

2. Une transformation simple donne lieu pour chaque système à une équation générale qui, complétée par les termes du second ordre, s'écrit

$$\Delta U = T\,dS - p\,dv + \frac{1}{2}(dT\,dS - dp\,dv);$$

si l'on passe de l'une à l'autre en changeant le signe de ΔU et de dv, les valeurs absolues de dS diffèrent d'une quantité du second ordre et la condition d'équilibre est

$$\text{(I)} \qquad dp\,dv - dT\,dS \leqq 0,$$

qui est équivalente aux deux suivantes

$$\left(\frac{dS}{dT}\right)_p > 0 \quad \text{et} \quad \left(\frac{dp}{dv}\right)_T < 0 \quad \text{ou} \quad \left(\frac{dS}{dT}\right)_v > 0 \quad \text{et} \quad \left(\frac{dp}{dv}\right)_S < 0.$$

3. Deux transformations successives AB $(dp, dv, \ldots)$, puis Bβ $(\delta p, \delta v, \ldots)$, donnent lieu à l'inégalité

$$\text{(II)} \qquad dp(dv + \delta v) + \delta v(dp + \delta p) - [dT(dS + \delta S) + \delta S(dT + \delta T)] \leqq 0,$$

de laquelle on déduit immédiatement

$$\left(\frac{dS}{dT}\right)_p > \left(\frac{dS}{dT}\right)_v \quad \text{et} \quad \left(\frac{dv}{dp}\right)_S < \left(\frac{dv}{dp}\right)_T.$$

4. Tirons les conséquences de (II) relativement aux systèmes qui peuvent être le siège de *modifications intérieures*. Nous supposerons que, dans la première transformation AB, ces modifications se produisent librement, mais qu'elles sont ensuite entravées dans la seconde transformation Bβ.

a. Choisissons, dans la première transformation AB (prolongée, s'il est

nécessaire, dans un sens ou dans l'autre), l'état M dont le volume et l'entropie sont les mêmes que pour β. En désignant par des d' les variations entre M et B, nous aurons

$$(\mathrm{II}') \quad \left\{ \begin{array}{l} [(dp - dp')(dv - dv') - (d\mathrm{T} - d\mathrm{T}')(d\mathrm{S} - d\mathrm{S}')] \\ \qquad + [\partial v(\partial p + dp') - \partial\mathrm{S}(\partial\mathrm{T} + d\mathrm{T}')] \leqq 0. \end{array} \right.$$

Chacune des quantités entre crochets doit être séparément négative ou nulle. La première condition est l'application de (I) à la transformation accompagnée de modifications intérieures. La seconde équivaut à : 1° une égalité, qui est une des formes de la *loi de l'isoéquilibre* de M. H. Le Chatelier, et 2° deux inégalités qui peuvent s'énoncer :

La capacité calorifique à volume constant, la compressibilité adiabatique sont plus grandes lorsqu'on laisse se produire les modifications intérieures que quand on les entrave.

Les calculs de M. Amagat sur la discontinuité des capacités calorifiques à volume constant de part et d'autre de la courbe de saturation ([1]), le sens de la réfraction des adiabatiques ([2]), que j'ai déduit autrefois d'un théorème de M. Maurice Levy, sont des vérifications de ces théorèmes.

b. La considération du point qui, dans la transformation Bβ, est à la même pression et à la même température que A, conduit à une troisième forme de (II), d'où l'on déduit la condition (I), appliquée aux transformations sans modifications intérieures, et cet énoncé :

La capacité calorifique à pression constante, la compressibilité isotherme sont plus grandes lorsqu'on laisse se produire les modifications intérieures que quand on les entrave.

Ces deux quantités, capacité calorifique et compressibilité, deviennent évidemment infinies le long de la partie rectiligne de l'isotherme d'un système univariant ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLII, 21 mai 1906, p. 1120; 11 juin 1906, p. 1303; t. CXLIII, 2 juillet 1906, p. 6.

([2]) C. Raveau, *Sur les adiabatiques d'un système de liquide et de vapeur* (*Société française de Physique*, 17 juin 1892, p. 260 et 266 et *Journal de Physique*, 1892, p. 461).

([3]) Dans une Communication à la *Société française de Physique* (19 mars 1909), reproduite dans le *Bulletin de l'Union des Physiciens*, j'ai montré comment, à partir de ces remarques évidentes, on pouvait donner un exposé élémentaire des lois du déplacement de l'équilibre.

5. Les quatre inégalités précédemment énoncées se déduiraient immédiatement de (II) en annulant dv, δv, $(dT + dT')$, et ainsi de suite. Elles sont aussi des conséquences évidentes du principe de Carnot appliqué à des formes simples du cycle fermé ABβA, dont la partie βA est irréversible.

La forme (II') est équivalente à l'inégalité générale (171) que Gibbs [1] obtient d'une tout autre façon. La différence apparente consiste en ce que Gibbs conserve les variations des potentiels, dont (II') contient l'expression développée [2].

6. Portons maintenant notre attention sur l'ensemble des deux transformations Bβ et βA, l'une sans modification intérieure, l'autre irréversible avec modification intérieure (égale et de signe contraire à celle qui s'était produite en AB). Nous dirons que la transformation résultante, de B à A, s'accomplit *en deux temps* Bβ et βA que nous désignerons par les indices 1 et 2.

L'inégalité (II) s'écrit alors

$$\text{(III)} \qquad (dp_1 + dp_2)\,dv_2 - dv_1\,dp_2 + (dT_1 + dT_2)\,dS_2 - dT_1\,dT_2 \geqq 0.$$

7. Pour un second temps à température et pression constantes, elle se réduit à

$$dp_1\,dv_2 - dT_1\,dS_2 \geqq 0,$$

inégalité obtenue par MM. Le Chatelier et Mouret [3]. La loi de van't Hoff s'en déduit en faisant $dp_1 = 0$.

Si au contraire, dans le second temps, la modification intérieure s'effectue *seule*, c'est-à-dire à volume constant ou adiabatiquement, et si la transformation totale BβA est isotherme ou à pression constante, on a

$$(T = \text{const.};\ dv_2 = 0), \qquad dp_1\,dp_2 < 0; \qquad (p = \text{const.};\ dS_2 = 0), \qquad dT_1\,dT_2 < 0,$$

inégalités qui expriment le principe de Le Chatelier [4].

---

(1) *Équilibre des Systèmes chimiques*, traduction Le Chatelier, p. 91.

(2) On peut cependant dire que la formule de Gibbs est plus générale, en ce sens que les échanges réversibles qu'elle postule pourraient, par l'intermédiaire de parois semi-perméables, s'effectuer sous l'action de diverses pressions inégales. Mais l'extension de notre formule au cas d'un système soumis à des forces quelconques est immédiate.

(3) *Les équilibres chimiques* (*Revue générale des Sciences*, t. II, 1891, p. 97 et 138).

(4) *Sur un énoncé général des lois des équilibres chimiques* (*Comptes rendus*, t. XCIX, 1884, p. 786).

Dans le cas d'une transformation entièrement adiabatique ou à volume constant, les mêmes inégalités subsistent, mais elles ne permettent plus, sauf dans le cas d'un système homogène, de rien prévoir quant au sens des modifications physiques ou chimiques du second temps. Ceci est parfaitement évident dans le cas d'un tube de Natterer ou de la détente adiabatique des vapeurs saturantes.

L'opposition de signes proclamée par le principe de Le Chatelier est donc encore vraie dans des cas où elle cesse de constituer, à proprement parler, une loi du déplacement de l'équilibre.

8. *En résumé* tous les résultats particuliers énoncés par de nombreux auteurs, notamment par M. Gouy ([1]), sont des conséquences simples de l'inégalité (II) ou (III) combinée ou non avec (I). La méthode suivie ici permet, en complétant ces résultats, d'avoir toujours en vue la place qu'occupe chacun d'eux dans l'inégalité générale. Cette inégalité elle-même établit un lien permanent entre le principe de Carnot, dont elle procède d'une façon immédiate, et les variations des quantités expérimentales, qui y figurent explicitement.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur des solutions particulières de l'équation* $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$. Note de M. **Henri Larose**, présentée par M. H. Poincaré.

I. Considérons la solution de Fourier de l'équation linéaire de la chaleur

$$(a) \qquad \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0,$$

correspondant à l'état neutre au temps $t = 0$, pour x de $-\infty$ à $+\infty$, et à une discontinuité ou rupture maintenue en $x = 0$ à partir de $t = 0$: $+\frac{1}{2}$ pour $x = +0$, $-\frac{1}{2}$ pour $x = -0$; cette solution est, pour $x > 0$,

$$(1) \qquad \frac{1}{2}\mathcal{E}\left(\frac{x}{2\sqrt{t}}\right) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{\frac{x}{2\sqrt{t}}}^{x} e^{-z^2}\,dz = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} e^{-z^2 t}\frac{\sin zx}{z}\,dz = \frac{1}{2\pi}\int_{+\infty}^{-\infty} e^{(iz)^2 t + izx}\frac{dz}{iz}$$

([1]) *Sur l'énergie utilisable* (*Comptes rendus*, t. CVIII, 1889, p. 341 et 507, et *Journal de Physique*, 1889, p. 501).

et, pour $x < 0$,

$$-\frac{1}{2}\mathcal{E}\left(\frac{-x}{2\sqrt{t}}\right);$$

dans la dernière intégrale, le point singulier $z = 0$ est évité en décrivant autour de l'origine un demi-cercle infiniment petit du demi-plan supérieur des z.

Les dérivées successives de $\frac{1}{2}\mathcal{E}\left(\frac{x}{2\sqrt{t}}\right)$ forment une suite descendante de fonctions, solutions particulières de l'équation linéaire (a) et dont la $n^{\text{ième}}$ est

$$(2)\qquad f_n = (-1)^{n+1}\frac{\partial^{n+1}}{\partial x^{n+1}}\frac{1}{2}\mathcal{E}\left(\frac{x}{2\sqrt{t}}\right) = (-1)^n\frac{\partial^n}{\partial x^n}\frac{e^{-\frac{x^2}{4t}}}{2\sqrt{\pi t}} = \frac{e^{-\frac{x^2}{4t}}}{\pi^{\frac{1}{2}}t^{n+\frac{1}{2}}}\frac{n!}{2^{n+1}}\chi_n(x, -t),$$

avec

$$(3)\qquad \chi_n(x, t) = \sum_{\nu=0}^{\substack{\nu=\frac{n}{2}\ (n\ \text{pair}) \\ \nu=\frac{n-1}{2}\ (n\ \text{impair})}} \frac{x^{n-2\nu}t^\nu}{\nu!(n-2\nu)!},$$

le polynome $\chi_n(x, t)$ étant solution de (a) et $\chi_n(x, -t)$, solution de l'équation adjointe de (a).

II. A partir de $\frac{1}{2}\mathcal{E}\left(\frac{x}{2\sqrt{t}}\right)$ nous pouvons, par intégration, construire une suite ascendante de fonctions : solutions de (a), nulles pour $t = 0$ quel que soit x et dont chacune est la dérivée de la suivante par rapport à x. Les fonctions de la suite ascendante et descendante, à partir de $\frac{1}{2}\mathcal{E}$, seront successivement paires et impaires; il suffira de les écrire pour $x > 0$. La $n^{\text{ième}}$ fonction de la suite ascendante, dont la dérivée $n^{\text{ième}}$ aura une rupture 1 pour $x = 0$ quel que soit t, sera

$$(4)\qquad (-1)^n g_n(x, t) = \frac{1}{2\pi}\int_{+\infty}^{-\infty}\left[e^{(iz)^2t+izx} - \sum_{\nu=0}^{\nu=n-1}(iz)^\nu\chi_\nu(x, t)\right]\frac{dz}{(iz)^{n+1}}$$

$$= \chi_n(x, t)\frac{1}{2}\mathcal{E}\left(\frac{x}{2\sqrt{t}}\right) - \varpi_n(x, t)\frac{e^{-\frac{x^2}{4t}}}{\sqrt{\pi t}};$$

$$\varpi_n(x, t) = \frac{x^{n-1}t}{n!} + \beta_1^{(n)}x^{n-3}t^2 + \ldots + \beta_p^{(n)}x^{n-2p-1}t^{p+1} + \ldots + \beta_{\frac{n}{2}-1}^{(n)}xt^{\frac{n}{2}} \quad (n\ \text{pair});$$

$$\varpi_n(x, t) = \frac{x^{n-1}t}{n!} + \beta_1^{(n)}x^{n-3}t^2 + \ldots + \beta_p^{(n)}x^{n-2p-1}t^{p+1} + \ldots + \beta_{\frac{n-1}{2}}^{(n)}t^{\frac{n+1}{2}} \quad (n\ \text{impair}),$$

où

$$\beta_p^{(n)} = \frac{(n-p-1)\ldots(n-2p)}{n!}\left[\binom{n}{p} + \binom{n}{p-1} + \ldots + \binom{n}{1} + 1\right];$$

le second membre de (4) étant sous forme numériquement calculable.

Entre trois polynomes à indices consécutifs χ ou ϖ, il y a la même relation récurrente

$$n\chi_n = x\chi_{n-1} + 2t\chi_{n-2},$$

qui permet de former le Tableau des coefficients entiers pour $n!\chi_n$ et $n!\varpi_n$. On a

$$g_{2n}(+0, t) = \frac{1}{2}\frac{t^n}{n!};$$

g_{2n} est la solution de (a), correspondante à une rupture $\frac{t^n}{n!}$, en $x = 0$, à partir de $t = 0$:

$$g_{2n} = \left[\int_0^t dt\right]^n \int_{\frac{x}{2\sqrt{t}}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-z^2} dz = \frac{1}{n!}\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{x}{2\sqrt{t}}}^{\infty} \left(t - \frac{x^2}{4z^2}\right)^n e^{-z^2} dz.$$

Si g_{2n} représente la température, $g_{2n-1} = -\frac{\partial g_{2n}}{\partial x}$ sera le flux de chaleur. Si la rupture en $x = 0$, à partir de $t = 0$, est fonction holomorphe de t, soit $\sum a_n \frac{t^n}{n!}$, la solution correspondante de (a) sera $\sum a_n g_{2n}$, et, si la rupture est une rupture de température, le flux correspondant sera $\sum a_n g_{2n-1}$.

III. Dans le problème du câble illimité, négligeons, avec Lord Kelvin, la self et supposons la section du câble assez petite pour que la propagation ne dépende que d'une coordonnée d'espace x; appelons Q la quantité d'électricité qui a traversé la section x de 0 à t (ligne à l'état neutre en $t = 0$); V, C, D le potentiel, le courant de conduction, le courant de charge ou de déplacement. Ces quatre fonctions satisfont à l'équation (a) avec une unité de temps convenable, et chacune d'elles est, à un facteur constant près positif, la dérivée par rapport à x, changée de signe, de la précédente. Quatre fonctions consécutives de la suite

$$\ldots,\quad g_2,\quad g_1,\quad \frac{1}{2}\mathcal{E},\quad f_1,\quad f_2,\quad \ldots,$$

représenteront donc Q, V, C, D dans une distribution d'électricité, analytiquement possible, sur un câble illimité, à l'état neutre en $t = 0$, la rupture 1 ayant lieu pour la fonction $\frac{1}{2}\mathcal{E}$, en $x = 0$, à partir de $t = 0$.

En particulier, on peut écrire, *a priori*, le Tableau suivant correspondant à quatre distributions simples d'électricité sur un câble illimité dans un sens ($x > 0$) :

	1.	2.	3.	4.
Q................	g_2	g_1	$\frac{1}{2}\mathcal{E}$	f_1
V................	g_1	$\frac{1}{2}\mathcal{E}$	f_1	f_2
C................	$\frac{1}{2}\mathcal{E}$	f_1	f_2	f_3
D................	f_1	f_2	f_3	f_4

L'interprétation est immédiate. La distribution 1 est théorique, le câble est isolé au départ, $x = 0$, et le courant de conduction entrant constant.

La distribution 2 correspond à l'application au départ, à partir de $t = 0$ du pôle positif d'une pile de force électromotrice $+\frac{1}{2}$, le pôle négatif relié à la terre.

La distribution 3 correspond à la communication en $x = 0$ d'une charge instantanée, le câble restant isolé au départ à partir de $t = 0$. 3 se déduit de 1 en différentiant par rapport à t; le courant C_3 entrant dans le câble est infiniment grand pendant un temps infiniment petit, de 0 à ε et $C_3\varepsilon = \frac{1}{2}$. C'est le cas limite de la charge du câble à travers un conducteur, de capacité infiniment petite.

4 se déduit de 2 comme 3 de 1 et correspond à l'application en $x = 0$ d'un potentiel infiniment grand V_4 pendant un temps infiniment petit, de 0 à ε et $V_4\varepsilon = \frac{1}{2}$. C'est ce que M. Poincaré appelle *ébranlement élémentaire*.

Les distributions élémentaires, dont les relations mutuelles sont mises en évidence dans le Tableau, et les fonctions de courant correspondantes sont pratiquement les plus importantes, même dans le cas d'un câble de longueur finie, lorsque les appareils aux extrémités sont schématisés de façon à ne présenter ni résistances, ni capacités, ni selfs finies, la ligne étant alors prolongée à l'infini par la méthode des images ou sources fictives de Lord Kelvin.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étincelles de résonateur. Analyse spectroscopique*. Note de MM. **G.-A. Hemsalech** et **A. Zimmern**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que lorsqu'on excite un résonateur Oudin, il existe un rapport entre le circuit excitateur et le circuit de résonance, pour lequel la longueur de l'étincelle est maxima. Le résonateur est alors dit *bien accordé*. Nous

avons étudié, à l'aide des méthodes spectroscopiques, la constitution de cette étincelle ainsi que des autres étincelles qu'on peut obtenir avec cet appareil.

Le spectre que présente l'étincelle, l'appareil étant *bien accordé,* est celui de l'étincelle de capacité, c'est-à-dire qu'on y observe d'une manière prédominante les lignes de l'air. Au voisinage immédiat des électrodes, et dans cette région seulement, on distingue les caractéristiques spectroscopiques des vapeurs du métal constituant l'électrode, mais le peu d'étendue du spectre métallique porte à admettre qu'il n'y a pas transport de matière par l'étincelle, mais une simple projection au départ de l'électrode. On sait que la vapeur métallique, ainsi projetée, se diffuse dans le milieu ambiant, où elle est susceptible de se combiner avec d'autres éléments. Le phénomène est symétrique et se produit aux deux électrodes opposées.

Quand on diminue la distance explosive, l'étincelle prend, comme on le sait, un autre caractère appréciable à l'œil et à l'oreille. Le spectre subit aussi des transformations notables. Le spectre de lignes disparaît et l'on ne trouve plus que les raies les plus intenses, le doublet dans l'orangé, le doublet du vert, l'un et l'autre même à la limite de visibilité.

Le spectre qui prédomine est un spectre de bande qu'il y a lieu sans doute de rapporter à l'azote. Quant à la vapeur métallique, elle présente le même aspect que précédemment, et reste toujours localisée au voisinage immédiat des électrodes.

Le phénomène observé avec le résonateur Oudin est analogue à celui que l'on constate dans l'étincelle de la bobine d'induction en rapprochant les pôles, l'étincelle longue donnant le spectre des lignes de l'air, l'étincelle raccourcie donnant les bandes de l'azote.

Courte étincelle. — Quand le résonateur est réglé en *mauvais accord,* la petite étincelle présente les mêmes caractéristiques que l'étincelle raccourcie : prédominance du spectre de bandes, absence du spectre de lignes de l'air.

Les vapeurs métalliques, ici encore, sont localisées au voisinage immédiat de l'électrode.

Conclusion. — Il y a donc, au point de vue de l'analyse spectroscopique, une grande différence de constitution entre la longue étincelle de résonance optima et l'étincelle courte, que celle-ci soit obtenue par l'étincelle de résonance ou par l'étincelle de mauvais accord.

En ce qui concerne maintenant la vapeur métallique, le fait que celle-ci n'est perceptible au spectroscope qu'au voisinage des électrodes n'infirme nullement la découverte faite par Oudin de particules métalliques dans l'épaisseur de tissus organiques frappés par l'étincelle. Il est vraisemblable, en effet, que ces particules cessent rapidement d'être incandescentes, mais n'en conservent pas moins leur vitesse de projection, grâce à laquelle elles peuvent arriver jusqu'aux tissus.

PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes de Zeeman normaux et anormaux dans les spectres des vapeurs.* (*Réponse à la Note de M. J. Becquerel.*) Note de M. **A. Dufour**, présentée par M. J. Violle.

Dans le dernier numéro des *Comptes rendus* (1), M. J. Becquerel critique un travail que j'ai publié dans *Le Radium* (2), où j'énonce certains faits expérimentaux nouveaux relatifs aux bandes de l'yttrium qu'il avait précédemment étudiées (3). Il m'accuse de vouloir appliquer aux cristaux la règle, jusqu'à présent générale, que j'ai donnée pour les vapeurs et qui relie l'existence du phénomène de Zeeman longitudinal anormal à celle des résidus de polarisation circulaire. Il me reproche alors une généralisation trop hâtive de cette règle.

M. J. Becquerel a sans doute lu trop rapidement mon travail.

J'y spécifie expressément que je ne m'occupe pas du tout de l'étude des résidus de polarisation pour les bandes des cristaux ; je l'indiquais dès le début par la phrase suivante : « Le problème est donc beaucoup plus facile à étudier dans le cas des vapeurs ; *c'est le seul dont je veuille m'occuper.* »

Voici le fait expérimental que j'apportais : le groupe $\lambda = 5970$ U. A. des bandes d'émission de l'yttrium dans l'étincelle donne des doublets magnétiques qui présentent une polarisation circulaire incomplète qui avait échappé à M. J. Becquerel. Je maintiens d'ailleurs la conclusion que je donnais et qui est la suivante : « Ces bandes de l'yttrium ... viennent donc ajouter un exemple de plus à la règle que j'ai énoncée *pour les vapeurs* et qui jusqu'à présent me paraît générale. »

J'ai souligné à dessein ici ces quelques mots ; je répète encore que je ne parle que du cas simple des vapeurs, dont je continue l'étude avec des moyens plus puissants.

Au sujet des autres considérations de la Note de M. J. Becquerel, je ferai remarquer que, tant que l'expérience n'aura pas donné des résultats complets et hors de doute sur la texture du dégradé des composantes des bandes de M. Fabry, ce qui sera d'ailleurs difficile, le champ des hypothèses est infini. En admettant que ce dégradé soit dissociable en raies fines, on peut supposer comme M. J. Becquerel que toutes ces raies subissent les mêmes changements de fréquence. Mais on peut tout aussi bien supposer

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, n° 11, 15 mars 1909, p. 707.

(2) *Le Radium*, t. VI, 1909, p. 44.

(3) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 30 mars 1908, p. 683.

que dans certains cas, parmi les raies constituant un même dégradé, les unes donnent le phénomène de Zeeman longitudinal normal, les autres le phénomène anormal, ce qui permettrait de se rendre compte de l'existence des résidus de polarisation. A cela on pourrait objecter d'ailleurs que toutes les bandes à composantes dissociables qu'on a étudiées sont insensibles aux champs magnétiques employés jusqu'ici; de plus, on ne connaît pas encore, dans le cas simple des vapeurs, des raies qui donnent un phénomène de Zeeman anormal sans résidu de polarisation, résidu dont l'absence soit constatée avec certitude; enfin, il faudrait aussi dans cette voie se demander pourquoi, toujours dans le cas simple des vapeurs, on n'a pas encore trouvé de bandes fournissant le phénomène de Zeeman longitudinal anormal sans donner en même temps le phénomène normal, tandis que les bandes qui montrent le phénomène normal le donnent toujours pur.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques de quelques composés du fer.* Note de M. **Wologdine**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai déterminé les températures de transformations magnétiques d'un certain nombre de composés du fer : carbure, phosphure, sulfure, oxyde, qui sont magnétiques à la température ordinaire. Pour ces expériences, le corps étudié était pulvérisé et placé dans un petit tube en verre de Bohême contenant un liquide dont le point d'ébullition était supérieur aux températures étudiées. Un couple, ou un thermomètre placé directement dans le liquide, donnait exactement la température du corps en suspension dans le liquide.

Le tube était placé dans le champ d'un aimant, entre deux tiges de cobalt, composant une sorte d'armature qui peut être chauffée à une température élevée sans perdre ses propriétés magnétiques, le point de transformation de ce métal étant voisin de 950°.

Les particules du corps étudié forment dans le liquide une chaîne dirigée vers les deux pôles magnétiques extérieurs. On échauffait progressivement le tube en le chauffant extérieurement avec un petit bec de gaz, et l'on notait à quelle température la chaîne formée par les parcelles de la matière étudiée se désagrégeait et tombait au fond du tube.

Voici les températures auxquelles les différents composés du fer semblent perdre leur magnétisme, au moins dans les conditions expérimentales où

nous sommes placés :

Oxyde magnétique Fe^3O^4	525°
Pyrrhotine (sulfure de fer)	300
Pyrrhotine nickelifère	300
Carbure de fer Fe^3C	180
Carbure de fer et de tungstène $2Fe^3C.3W^2C$	80
Franklinite Fe^2O^3ZnO	61
Phosphure de fer Fe^3P	445

M. Curie avait donné antérieurement 535° pour le point de transformation magnétique de la magnétite, et M. Weiss 320° pour la pyrrhotine. Nos résultats concordent avec les leurs, car la perte des propriétés magnétiques est progressive et ne comporte pas une détermination plus rigoureuse.

PHYSIQUE. — *Sur l'approximation des corps noirs employés comme récepteurs.* Note de M. C. **Féry**, présentée par M. E. Bouty.

Ce n'est que 38 ans après l'admirable conception de l'enceinte isotherme de Kirchhoff (¹) que les physiciens pensèrent à réaliser sur son principe un *radiateur intégral* (²).

On semble s'être moins préoccupé, dans l'étude des radiations, de la nature du *récepteur*. C'est au moyen de lames planes, recouvertes de noir de fumée ou de noir de platine, que fut déterminée la valeur numérique du coefficient $a = \frac{W}{T^4 - t^4}$ de la loi de Stefan.

Il m'a semblé intéressant de voir si les corps absorbants employés ne présentaient pas des propriétés sélectives faussant les résultats.

Pour faire cette étude, l'idée toute naturelle qui se présente est de comparer l'absorption d'une plaque, recouverte du corps à étudier, à celle d'un corps creux de même surface d'ouverture.

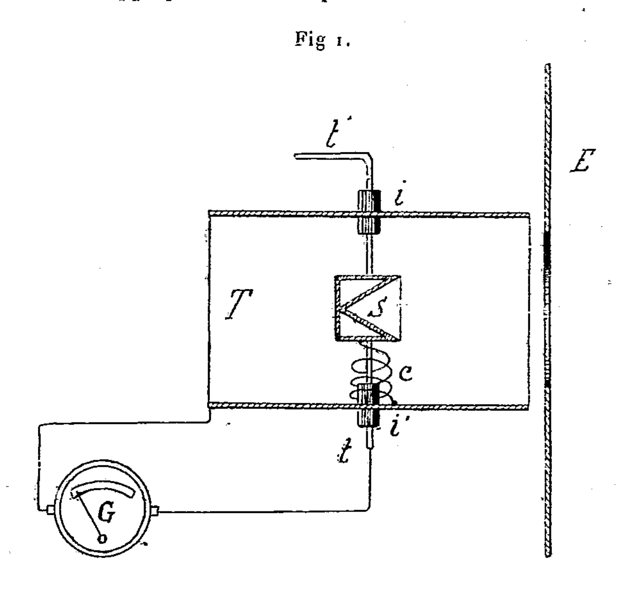
J'ai choisi une cavité conique qui présente la propriété de faire subir, à tous les rayons qui suivent la réflexion régulière, le même nombre $\left(N = \frac{180}{\alpha}\right)$ de réflexions sur les génératrices; α est l'angle au sommet du cône.

(¹) Kirchhoff, *Pogg. Ann.*, 1860, p. 292.

(²) Lummer et Kurlbaum, *Verh. d. phys. Ges. Berlin*, t. XVII, n° 9, 1898.

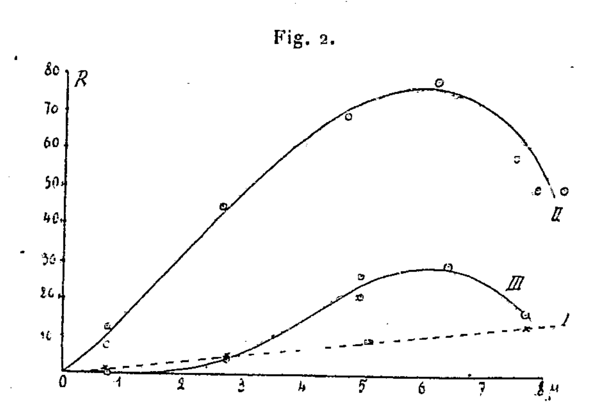
La substitution d'une surface à l'autre se fait en tournant de 180° la manivelle t' (*fig.* 1). Le cône et la plaque ferment les deux bases d'un cylindre métallique relié électriquement à l'enveloppe protectrice T par un fil de constantan c.

Fig 1.



On peut ainsi, par le galvanomètre G (¹), connaître à 0°,01 près l'élévation de température de la pièce S soumise au rayonnement.

Fig. 2.



La source de radiations était un four électrique à résistance, la longueur d'onde moyenne du flux étant tirée de la formule de Wien, $\lambda_m \theta = 2940$. La longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},8$ était donnée par une lampe à arc.

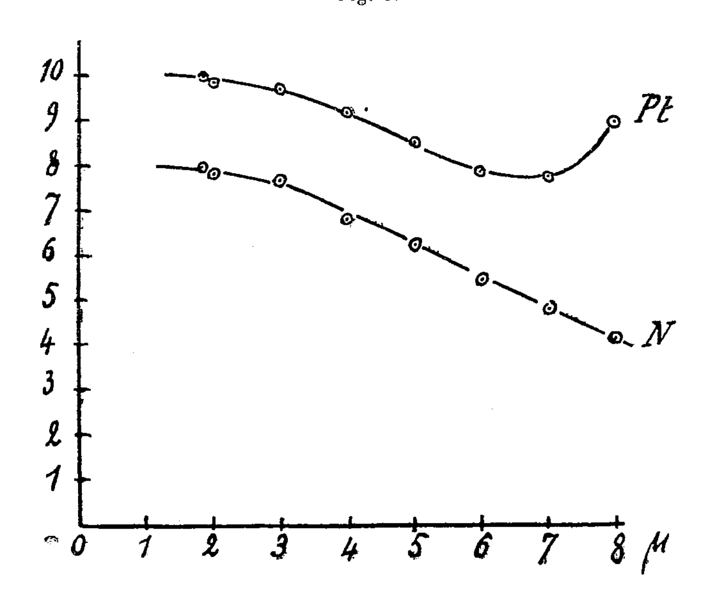
(¹) Le galvanomètre Grassot employé donne 1^{mm} sur une échelle de 1^{m} pour 0,02 micro-ampère; sa résistance est de 20 ohms.

En désignant par Δ la déviation obtenue avec le cône et δ celle fournie par la plaque, on peut appeler *pouvoir réflecteur* le rapport $R = \frac{\Delta - \delta}{\delta}$.

Ce rapport a été porté en ordonnées sur la figure 2; les longueurs d'onde sont portées en abscisses.

La courbe I pointillée se rapporte à un noir de fumée appliqué d'abord par un vernis léger à la gomme laque; une seconde couche est déposée

Fig. 3.



ensuite au moyen de vernis léger au bitume de Judée dans la benzine. On obtient ainsi une très bonne surface absorbante.

La courbe II se rapporte à un dépôt gris noir obtenu par électrolyse du chlorure de platine.

La courbe III est obtenue par un très beau dépôt de noir de platine ayant l'aspect du velours.

Ces deux dernières courbes présentent un *maximum de pouvoir réflecteur* vers 6^{μ}.

A 100° le noir le meilleur réfléchit encore 18 pour 100 de l'énergie incidente.

Ces résultats ont été contrôlés au moyen de télescopes pyrométriques de mon système, mis obligeamment à ma disposition par la Compagnie des compteurs.

Voici les résultats fournis par deux de ces appareils :

λ.	Température vulgaire.	Constante de l'appareil $= \frac{K\delta}{(T^4 - t^4)}$. N° 449. Couple platiné.	N° 451. Couple fumé.
μ 1,85	1400	10,1	8,0
2	1197	10,0	7,9
3	707	9,7	7,6
4	462	9,2	6,9
5	315	8,5	6,2
6	217	7,9	5,5
7	147	8,0	4,8
8	95	8,8	4,1

Les courbes de la figure 3 représentent ces résultats; ces courbes, dont les ordonnées sont proportionnelles aux pouvoirs absorbants, sont complémentaires des courbes de la figure 2.

Les résultats donnés par le n° 449 confirment ceux obtenus directement sur le noir de platine; ce corps présente un minimum d'absorption vers 6^{μ}.

Il m'a donc semblé nécessaire de déterminer à nouveau, avec un *récepteur intégral,* le coefficient de la loi de Stefan.

PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du rayonnement.* Note de M. G. **Millochau**, présentée par M. E. Bouty.

Dans nos recherches sur le rayonnement solaire, M. Féry et moi avons employé simultanément deux méthodes :

La première, qui semble due à Wilson, consiste à comparer le rayonnement d'un four au rayonnement solaire. Elle conduit, par application de la loi de Stefan, à la détermination d'une valeur qu'on a définie par : *température effective du Soleil,* c'est-à-dire celle qu'aurait un radiateur intégral qui, substitué au Soleil, produirait le même effet sur l'appareil de mesure.

La deuxième méthode consiste à mesurer en valeur absolue l'intensité du rayonnement solaire au moyen d'un actinomètre.

La comparaison des résultats conduisait à une mesure indirecte du coefficient de la loi de Stefan.

Or le coefficient ainsi trouvé, ramené à l'unité employée par Kurlbaum

et désigné habituellement par la lettre σ, a été trouvé, de cette manière, $\sigma = 9,5$, alors que Kurlbaum a trouvé pour le même coefficient (1898) $\sigma = 5,25$ et Scheiner (1908) $\sigma = 4,78$.

Une pareille divergence était inadmissible et m'a conduit à une discussion approfondie des résultats obtenus.

L'ensemble des mesures faites sur le Soleil, d'une part avec le télescope pyrhéliométrique Féry et d'autre part avec l'actinomètre Féry, montrent que la loi de réception des deux appareils est la même et que leurs indications (δ) semblent rigoureusement proportionnelles à l'intensité du rayonnement (Q) de la source étudiée.

D'autre part, les mesures faites au laboratoire donnent, pour la valeur en watts de l'énergie qu'on doit fournir au récepteur de l'actinomètre pour obtenir une indication δ en millivolts, les nombres indiqués dans les deux premières colonnes du Tableau suivant :

Watts w.	Déviation δ en millivolts.	Rapport $\frac{w}{\delta}$.	Watts calculés.
0,018	0,065	0,277	0,018
0,050	0,170	0,294	0,052
0,099	0,300	0,330	0,0985
0,162	0,465	0,348	0,160
0,336	0,900	0,373	0,335
0,578	1,480	0,390	0,575
0,770	1,940	0,396	0,769

La remarque concernant la loi de réception de l'actinomètre conduit à la relation $Q = m\delta$, m devant être une constante.

Or le rapport $\frac{w}{\delta}$ n'est pas constant (¹) (troisième colonne du Tableau).

Il serait donc tout à fait inexact de poser $w = Q$ quel que soit δ.

Il résulte donc de cette dernière remarque que l'actinomètre employé ne mesure pas la valeur absolue du rayonnement reçu.

Or Scheiner, pointant son actinomètre d'Ångström sur un four à 1673°, percé d'une ouverture circulaire de $5^{mm},4$ de diamètre et placée à 25^{cm} de l'actinomètre, a obtenu 0,00437 watt pour la réception par centimètre carré et par seconde.

M. Féry a trouvé dans une mesure faite sur un four à 1663°, percé d'une ouverture de 40^{mm} de diamètre et placée à 45^{cm} de son actinomètre, 0,270 millivolt; l'instru-

(¹) On a très sensiblement

$$w = 0,43\,\delta - \frac{0,083}{1 + \frac{0,516}{\delta}}.$$

ment aurait donc donné, dans les conditions de celui de Scheiner,

$$\delta = \frac{0,270 \times \overline{45}^2 \times \overline{0,54}^2}{4^2 \times 25^2} = 0,0159 \text{ millivolt},$$

ce qui représente, d'après la formule d'étalonnage ci-dessus, 0,0044 watt, nombre identique à celui de Scheiner.

L'actinomètre Féry donne donc des résultats identiques à ceux fournis par l'Ångström.

Les actinomètres actuels, dont le récepteur est constitué par un corps thermométrique recouvert de noir, c'est-à-dire d'un écran, ne mesurent donc pas la valeur absolue du rayonnement qu'ils reçoivent, mais une partie seulement de ce rayonnement, et, pour obtenir un actinomètre absolu, il y aura lieu de le munir d'un récepteur ayant réellement les propriétés du radiateur intégral.

ÉLECTRICITÉ. — *Flamme de phosphorescence et flamme de combustion du soufre.* Note de M. **L. Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Il a été montré récemment (1) que l'oxydation du phosphore en anhydride phosphoreux ne produit ni phosphorescence, ni ionisation, ni ozone. L'oxydation de l'anhydride phosphoreux en anhydride phosphorique donne seule ces trois effets.

Le soufre présente vers 200° un phénomène connu sous le nom de *phosphorescence du soufre* dont nous avons entrepris l'étude en vue de le comparer à la phosphorescence du phosphore.

La phosphorescence du soufre, comme celle du phosphore, est accompagnée de formation d'ozone. Cette production d'ozone est remarquable en ce qu'elle a lieu à une température indiquée généralement comme température de destruction de l'ozone (200°-250°). La production d'ozone est beaucoup plus intense avec le soufre qu'avec le phosphore. Quand la température n'est pas trop élevée, les gaz qui sortent du tube à phosphorescence possèdent une forte odeur d'ozone, sans aucune odeur de gaz sulfureux. Au-dessous de la température de phosphorescence, les gaz possèdent l'odeur de camphre.

(1) L. et E. Bloch, *Ionisation par le phosphore et phosphorescence* (*Comptes rendus,* 1908, p. 842, et *Le Radium*, déc. 1908).

Par analogie avec le phosphore, on a cherché si la phosphorescence du soufre ne serait pas due à la combustion d'un oxyde inférieur à SO^2. On a fait passer pendant 5 heures les gaz issus d'un tube à soufre chauffé (mais non phosphorescent) dans un long tube en U plongeant dans l'air liquide. On n'a pu condenser aucun produit à odeur de camphre. L'odeur de camphre semble appartenir aux fumées ou aux vapeurs de soufre elles-mêmes et la phosphorescence n'est autre chose qu'une combustion de la vapeur de soufre ([1]).

La phosphorescence du soufre n'est accompagnée d'aucune ionisation. Ce fait, signalé sommairement par Elster et Geitel ([2]), qui se servaient d'appareils à sensibilité réduite, a été vérifié d'une façon rigoureuse au moyen d'un électromètre Curie très sensible. On peut laisser l'électromètre isolé pendant 5 minutes sur un condensateur chargé à 90 volts sans observer aucune déviation. Ce résultat est indépendant du débit, du signe de la charge, et subsiste quand le condensateur est assez rapproché du tube à soufre pour être atteint par la flamme de phosphorescence.

Quand la température atteint 360° environ, la phosphorescence est remplacée par la flamme bleue de combustion de soufre. *Cette flamme s'est montrée, comme la précédente, entièrement dépourvue de conductibilité.* Ce résultat a été établi par des expériences multiples, avec l'électromètre ou l'électroscope, en présence ou en l'absence de courant gazeux. Les irrégularités observées quelquefois sont dues à des décharges par convection ou à des effets d'ionisation par incandescence. Bien qu'elle ne produise pas d'ionisation, la flamme de combustion du soufre produit en abondance des centres de condensation.

L'oxydation du gaz sulfureux en anhydride sulfurique par l'oxygène de l'air en présence de mousse de platine ne produit, elle non plus, aucune ionisation.

Nous concluons de là que les deux degrés d'oxydation du soufre n'ont pas d'analogie, au point de vue de l'ionisation, avec les deux degrés d'oxydation du phosphore. Si l'on observe que la phosphorescence du phosphore est accompagnée d'ionisation tandis que la flamme du soufre est parfaitement isolante, on est amené à penser que l'ionisation des flammes usuelles n'a pas sa cause dans l'élévation de température, mais dans des actions chimiques particulières.

([1]) En faisant passer pendant longtemps les gaz de la phosphorescence dans un flacon laveur à eau, on recueille un peu d'acide sulfureux et des traces d'acide sulfurique. — *Cf.* HEUMANN, *Chem. Ber.*, t. XVI, 1883, p. 139. Voir aussi H. MOISSAN, *Comptes rendus*, 1903, p. 547.

([2]) ELSTER et GEITEL, *Ann. d. Physik*, 1890, t. XXXIX, p. 330.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude expérimentale sur le coefficient de partage et son application au dosage des acides volatils des vins.* Note de M. **Philippe Malvezin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

D'après les travaux de Berthelot et Jungfleisch on sait que :

« Un corps, mis en présence simultanément de deux dissolvants tels qu'il puisse se dissoudre dans chacun d'eux séparément, ne se dissout jamais en totalité dans chacun d'eux à l'exclusion de l'autre.

» Quelle que soit la grandeur de la solubilité dudit corps dans l'un des dissolvants, quel que soit l'excès du volume de ce dissolvant, le corps soluble se partage toujours entre les deux dissolvants suivant une relation simple. » (Berthelot et Jungfleisch, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, t. XXV, 1872, p. 398.)

Ces faits ont été vérifiés par Garraud [1], qui, en opérant avec l'éther et l'eau comme solvants, a reconnu que le rapport $\frac{p'}{p}$ des quantités d'acide acétique dissoutes par l'éther et par l'eau est constant lorsqu'on ne dépasse pas une concentration de 5 pour 100 en acide acétique et qu'il est égal à 2,1.

Au cours de mes expériences, j'ai eu l'occasion de vérifier ce chiffre en employant strictement la méthode de Garraud, qui est la suivante : on met 50^{cm^3} de solution acide aqueuse et 50^{cm^3} d'oxyde d'éthyle dans un flacon de 125^{cm^3} à 150^{cm^3}, le tout à 15°; on bouche hermétiquement et l'on agite 5 minutes; on abandonne 10 minutes à 15° et l'on dose ensuite la proportion d'acide contenue dans un même volume de la couche éthérée et de la couche aqueuse sous-jacente. Soit P la quantité de liqueur employée pour saturer l'acidité aqueuse par l'éther, d'où l'on retranche le coefficient de correction : $0^{cm^3},2$ quand on emploie les alcalis $\frac{N}{10}$; soit donc p le nombre corrigé; soit p' le volume de solution $\frac{N}{10}$ employée à saturer l'acidité conservée par l'eau : on a pour l'acide acétique $\frac{p'}{p} = 2,1$ qui est constant.

Mes résultats, obtenus sur plus de trente dosages différents opérés sur des concentrations en acide chaque fois variées, sont en complet accord avec les siens.

J'ai alors recherché la valeur du rapport $\frac{p'}{p}$ lorsqu'on remplace l'eau par un mélange d'alcool et d'eau tenant en solution de l'acide acétique; la technique opératoire étant toujours celle de Garraud, j'ai trouvé $\frac{p'}{p} = 1,6$ pour le cas d'un mélange d'eau et d'alcool à 10 pour 100 environ.

---

(1) Garraud, *Thèse de Pharmacie*, Bordeaux, 1897.

La concentration en alcool de l'un des solvants ne modifie pas le chiffre 1,6 jusqu'à 20 pour 100 et même au delà; toutefois, l'alcool à 90° étant un des solvants, l'éther sulfurique à 65° étant l'autre, la valeur $\frac{p'}{p}$ se rapproche de 1.

Dans toutes ces expériences, le corps dissous était toujours l'acide acétique pur cristallisable.

J'ai constaté ensuite que les acides propionique et butyrique à la dose de 2g à 3g par litre ne font pas varier la valeur de $\frac{p'}{p}$ qui est alors égale à 1,3.

J'ai alors tenté le dosage des acides gras volatils du vin en me basant sur la constante du coefficient de partage

$$\frac{p'}{p} = K.$$

J'ai donc essayé de me rendre compte de l'influence de l'acide tartrique sur ce coefficient en faisant varier le quantum de cet acide.

L'expérience a prouvé qu'on a

$$P - T = p' \quad (^1),$$

d'où

$$T = P - p'.$$

On a trouvé, par exemple,

$$\frac{p'}{p} = \frac{5,4}{1,9} - T = \frac{2,4}{1,9} = 1,3.$$

Même en faisant varier T, on a encore

$$\frac{p'}{p} = K = 1,3.$$

Donc, dans les conditions de l'expérience, l'acide tartrique *n'est pas dissous par l'éther*.

En ajoutant au mélange précédent de l'acide butyrique et de l'acide propionique à la dose de 2g à 3g par litre, j'ai encore trouvé

$$\frac{p'}{p} = 1,3.$$

Les expériences précédentes démontrent donc que l'acidité acquise par l'éther dans les conditions de l'expérience *varie avec la concentration en acides gras volatils*, mais *est indépendante de la concentration en acides fixes*.

---

(1) T représentant le quantum d'acide tartrique.

L'acide succinique, faiblement soluble, ne change pas ces conditions, ainsi que 19 dosages l'ont démontré.

J'ai alors tenté le dosage des acides volatils d'un vin et j'ai pu constater que l'éther sulfurique à 65° ne dissout que 72 pour 100 de ces acides en opérant comme suit :

Dans un tube à essais de 20^{cm} de long et de 20^{mm} de diamètre intérieur, j'introduis 10^{cm^3} de vin plus 10^{cm^3} d'éther sulfurique à 65°.

On agite énergiquement pendant 1 ou 2 minutes.

On laisse reposer 10 minutes à la température de 15°.

La température a une très grande importance; aussi voici comment il convient d'opérer :

Le tube à essais plonge dans une éprouvette pleine d'eau à 15°.

Le tube est fermé par un bouchon traversé d'un thermomètre plongeant dans le mélange : éther et vin.

Au bout des 10 minutes de repos à 15°, l'éther surnage; on décante avec précaution ce dernier dans une éprouvette, on agite pour bien mélanger, puis on en prélève 5^{cm^3} qu'on place dans un vase à saturer contenant déjà 5^{cm^3} d'alcool à 90°.

On ajoute 4 gouttes de phtaléine de phénol pour le cas d'un vin rouge, 2 gouttes pour le cas d'un vin blanc et l'on titre à la soude $\frac{N}{10}$; on applique la formule

$$\frac{(2A - 0,2) \times 0,006 \times 100 \times 100}{72},$$

ce qui donne en SO^4H

$$\frac{(2A - 0,2) \times 0,006 \times 100 \times 100 \times 1,63}{72 \times 2}$$

ou, en simplifiant,

$$\frac{(2A - 0,2) \times 25 \times 1,63}{6} \quad (^1).$$

En opérant de cette façon sur plus de vingt vins différant de nature et de provenance, blancs et rouges, on a trouvé :

	Méthodes	
Nature du vin.	de Duclaux.	à l'éther.
Blanc Dordogne	0,97	0,95
Rouge Gironde	1,13	1,15
» »	1,35	1,35
» »	1,22	1,22
Bas Médoc 1906	1,49	1,49

(1) Cette formule résulte des considérations indiquées plus haut et du coefficient 0,006 de saturation des alcalis $\frac{N}{10}$. A représente le nombre de centimètres cubes de solution alcaline employés.

Les résultats concordent donc absolument au degré près d'approximation des méthodes volumétriques.

Conclusions. — Il résulte des expériences plus haut rapportées qu'il est possible de doser très rapidement l'acidité volatile des vins en se servant de la solubilité de ces acides dans l'éther sulfurique à 65° et en tenant compte qu'ils s'y dissolvent dans le rapport de 72 : 100.

Cette méthode très rapide n'exige aucune distillation et est très exacte.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveau mode de préparation des dérivés β-halogénés du naphtalène.* Note de MM. **G. Darzens** et **E. Berger**, présentée par M. Georges Lemoine.

Dans l'action des chlorures et bromures de phosphore sur les alcools et phénols sodés, on admet généralement qu'il s'élimine du chlorure de sodium et qu'il se forme des éthers phosphoreux ou phosphoriques, suivant le composé du phosphore employé. Depuis S. Cloëz, qui appliqua cette réaction à l'éthylate de sodium, c'est la préparation générale de ces éthers.

Au contraire, dans la réaction classique qui sert de base à la préparation des chlorures d'acides, action des chlorures de phosphore sur les sels de soude, les affinités de chimie minérale éliminent du phosphate ou du phosphite de soude.

Ne peut-il pas en être de même dans la première réaction, au moins en partie et dans certains cas? Ce serait alors une préparation des chlorures et bromures des radicaux alcooliques ou phénoliques.

Pour les alcools elle n'aurait pas grand intérêt, l'éthérification directe donnant de bons résultats; appliquée aux phénols, elle pouvait être intéressante. Nous avons essayé, sans résultat dans ce sens, l'action des halogénures de phosphore sur le phénol et les crésols sodés; il se forme uniquement du chlorure de sodium et pas trace de benzène ou de toluènes chlorés ou bromés.

Au contraire, avec le β-naphtol sodé nous sommes arrivés à une préparation pratique, avec de bons rendements, des naphtalènes β-chlorés et β-bromés, jusqu'ici très pénibles à obtenir en quantité notable. Les dérivés tri- et penta-halogénés, ainsi que l'oxychlorure et l'oxybromure de phosphore, ont été essayés; ce sont les dérivés trihalogénés qui fournissent les meilleurs résultats.

Voici le détail de la préparation :

Dans un ballon on pulvérise 1[at] de sodium par agitation dans le toluène sec bouillant, puis on ajoute 1[mol] de β-naphtol, dissous lui-même dans du toluène sec. Le dégagement d'hydrogène s'effectue régulièrement; on termine au bain-marie jusqu'à dissolution totale du métal. On ajoute alors peu à peu l'halogénure de phosphore dilué de toluène, en léger excès sur la quantité théorique; le mélange s'échauffe, puis on porte une heure au bain-marie. Il suffit alors de reprendre par l'eau et d'entraîner à la vapeur d'eau le contenu du ballon pour obtenir du premier coup les naphtalènes β-halogénés très suffisamment purs. Ils ont été caractérisés par leurs températures de fusion identiques à celles qui ont été trouvées par les auteurs précédents : 56° pour le dérivé chloré, 59° pour le dérivé bromé.

Les rendements pour 100 de la théorie sont les suivants :

Avec le trichlorure de phosphore	55
» pentachorure	3
» l'oxychlorure	0
» le tribromure	38
» pentabromure	21
» l'oxybromure	0,6

Le résidu contenu dans le ballon et non entraînable à la vapeur est formé d'éthers phosphoreux ou phosphoriques du naphtol et aussi d'oxyde de β-naphtol : ce dernier corps se forme surtout, en quantité très importante, dans le cas des dérivés pentahalogénés.

Conclusions. — L'action des composés halogénés du phosphore sur les alcools et phénols sodés peut conduire non seulement à la formation d'éthers phosphoreux ou phosphoriques, comme on l'a seulement considéré jusqu'ici; mais aussi à celle d'éthers chlorhydriques. Cette vue théorique a conduit à une préparation pratique des naphtalènes β-chlorés ou β-bromés qui consiste à traiter le β-naphtol sodé par le trichlorure ou le tribromure de phosphore.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le rôle de la magnésie dans la transformation du saccharose à différentes températures.* Note (¹) de M. J. **Tribot**, présentée par M. Yves Delage.

Continuant nos recherches sur l'influence accélératrice de la magnésie lors de la transformation du saccharose (²) nous avons étudié l'évolution de

(¹) Présentée dans la séance du 15 mars 1909.

(²) *Comptes rendus*, 19 octobre 1908.

l'interversion sous l'action d'invertine sans magnésie, mais impure, d'invertine avec magnésie et d'invertine purifiée, à différentes températures.

Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

		Saccharose transformé, en pour 100.		
		Diastase		
Températures.	Temps.	sans magnésie.	avec magnésie.	purifiée.
25°	30m	3,25	2,90	0,90
25	60	6,40	4,75	1,27
25	100	9,35	7,32	1,40
30	30	4, 3	4, 4	0,97
30	60	7, 8	7, 5	1,40
30	100	10,05	9,84	1,52
35	30	6,30	7,84	0,99
35	60	11,70	10,02	1,38?
35	100	15,05	16,24	1,60
40	30	8,50	9,60	1,04
40	60	12,45	13,25	1,40
40	100	17,10	18,50	1,63
50	30	9,20	9,80	»
50	60	13,13	13,42	»
50	100	18,08	18,72	»
60	30	9,50	9,84	»
60	60	13,42	13,58	»
60	100	18,25	18,82	»

On peut déduire de ces nombres les conclusions suivantes :

1° Pour de courtes durées, la transformation du saccharose commence à devenir stationnaire avec la diastase renfermant de la magnésie à partir de 40°, alors qu'elle continue encore à 60° pour la diastase n'en renfermant pas.

2° L'influence de la diastase purifiée par précipitations successives (ces précipitations ont été au nombre de 12) et ne laissant plus qu'un résidu minéral impondérable, tout en étant très diminuée, n'est pourtant pas nulle.

3° Aux températures élevées, il y a plus de saccharose transformé dans le même temps, par la diastase avec magnésie, que par la diastase sans magnésie, et il y a entre l'action de la magnésie et l'influence de la température une équivalence.

La magnésie, dans l'espèce, joue donc (sans doute avec le secours d'autres impuretés) le rôle dévolu *en gros* à l'invertine et en général aux ferments, rôle qu'Ernest Solvay désigne sous le nom de *thermocatalyse* [1]

---

[1] *Physico-chimie et Biologie* (*Revue générale des Sciences*, 30 juin 1908).

et qui consisterait à abaisser la température vraie des réactions et que la Thermodynamique interprète par des phénomènes de viscosité déterminant de faux équilibres.

BOTANIQUE. — *Recherches biochimiques sur le développement de l'anthocyane chez les végétaux.* Note de M. **R. Combes**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les recherches expérimentales de M. Gaston Bonnier (1) ont établi que l'alternance des basses températures nocturnes et de la vive lumière diurne provoque le développement de l'anthocyane chez les végétaux.

L'étude du rôle joué, dans la formation de ce pigment, par chacun des deux agents, température et lumière, fut entreprise par Overton (2), qui montra que les basses températures et l'éclairement intense, agissant isolément, peuvent également déterminer le rougissement, toutes les autres conditions de développement restant égales. Dans la même série de recherches, cet auteur parvint aussi à déterminer l'apparition de l'anthocyane chez plusieurs végétaux, en cultivant ces derniers dans des solutions renfermant des sucres divers à différentes concentrations. Par des cultures en milieux aseptiques sucrés, M. Molliard (3) aboutit à des résultats semblables et mit, d'autre part, en évidence le rôle joué par l'oxygène dans le phénomène du rougissement.

Overton généralisa les résultats obtenus dans ses cultures en liqueurs sucrées et expliqua les différents cas de rougissement des plantes, dans la nature, par une augmentation de la quantité de composés sucrés contenue dans les tissus de ces dernières au moment de l'apparition du pigment rouge.

La possibilité de l'absorption des sucres par l'appareil radiculaire des végétaux permet de penser que, dans les cultures d'Overton et de Molliard, la concentration du suc cellulaire des plantes en composés hydrocarbonés a subi une augmentation proportionnelle à la teneur en sucres des milieux de

(1) G. Bonnier, *Caractères anatomiques et physiologiques des plantes rendues artificiellement alpines par l'alternance des températures extrêmes* (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, 1899, p. 1143).

(2) Overton, *Beobacht. und Vers. über das Auftreten von rothem Zellsaft bei Pfl.* (*Jahr. f. wis. Bot.*, t. XXXIII, 1899, p. 171).

(3) Molliard, *Production expérimentale de tubercules blancs et de tubercules noirs à partir de graines de Radis rose* (*Comptes rendus*, 1909, p. 573).

culture; l'apparition d'anthocyane chez les plantes développées dans ces milieux permettait donc de supposer qu'il existait, dans ces conditions de culture, une relation entre le phénomène du rougissement et la teneur en sucre du suc cellulaire. Cette relation n'était pas aussi facile à établir pour les plantes croissant normalement dans la nature; pour expliquer le rougissement des végétaux à l'automne, ainsi que sous l'influence de la lumière intense et sous l'action du froid, Overton supposa cependant qu'il pouvait y avoir, dans tous ces cas, une relation entre la production du pigment rouge et l'accumulation de composés sucrés dans le suc cellulaire; il invoqua différents faits déjà connus à l'appui de son hypothèse.

J'ai pensé que la méthode des analyses chimiques quantitatives, en nous renseignant sur la nature des variations chimiques qui surviennent dans la cellule végétale au cours du rougissement, pourrait apporter une utile contribution à l'étude du problème de la production d'anthocyane chez les végétaux sous l'influence de causes naturelles, et j'ai entrepris dans ce but une série de dosages comparatifs sur des feuilles vertes et sur des feuilles rouges recueillies sur les mêmes individus, en vue de déterminer les variations qualitatives et quantitatives subies par les hydrates de carbone au cours du rougissement.

Noms des plantes.	Couleur des feuilles.	Sucres.	Dextrines.	Glucosides.	Hydrates de carbone insolubles.	Hydrates de carbone totaux.
Ampelopsis hederacea.	Feuilles vertes..	0,74	2,78	2,43	2,42	8,37
» » .	» rouges.	0,98	1,88	2,79	5,02	10,67
Rosa canira..........	» vertes..	2,42	1,30	8,22	9,72	21,66
» »	» rouges.	2,64	1,23	8,24	5,33	17,44
Mahonia aquifolium..	» vertes..	0,57	0,80	3,41	2,38	7,16
» » ..	» rouges.	1,30	0,60	4,30	8,78	14,98
Sorbus latifolia.......	» vertes..	0,71	1,15	2,20	11,99	16,05
» »	» rouges.	0,80	1,07	2,52	1,20	5,59
Spirea paniculata....	» vertes..	2,21	1,02	1,64	10,75	15,62
» »	» rouges.	4,26	0,92	6,15	26,58	37,91

Mes recherches ont porté sur des feuilles d'*Ampelopsis hederacea*, chez lesquelles le pigment rouge s'était développé grâce à un éclairement très intense; sur des feuilles de *Rosa canina*, de *Mahonia aquifolium* et de *Sorbus latifolia* dont la teinte rouge était apparue sous l'influence des premières gelées d'automne et sur des feuilles de *Spirea paniculata* chez lesquelles l'anthocyane s'était déveveloppée à la suite de décortications annulaires. Dans ces différents individus, les sucres, les glucosides, les dextrines et les hydrates de carbone insolubles ont été dosés comparativement dans les feuilles rouges et dans les feuilles vertes. Le Tableau ci-dessus, qui résume les résultats obtenus, permettra d'établir les variations survenues au cours du rougissement dans ces différents groupes de composés. Les sucres réducteurs et non réducteurs ont été dosés en bloc après hydrolyse; de même l'amidon et les celluloses facilement hydroly-

sables ont été dosés ensemble à l'état de sucres réducteurs, après dédoublement par un acide minéral; enfin les nombres qui correspondent dans ce Tableau aux différents composés hydrocarbonés expriment, en glucose, et pour 100g de substance séchée à 105°, les quantités de sucres réducteurs qui ont été fournis par ces derniers après hydrolyse.

On peut conclure de ces résultats que les sucres et les glucosides varient parallèlement et de la même manière dans tous les cas de rougissement. On constate toujours une *augmentation dans la proportion des sucres et des glucosides au cours du développement de l'anthocyane, quelle que soit la cause naturelle qui ait provoqué ce phénomène*.

Dans tous les cas également, les dextrines évoluent dans le même sens pendant la production du pigment rouge; *l'augmentation de la quantité de sucres et de glucosides est toujours accompagnée de la diminution de la quantité de dextrines*.

Les composés hydrocarbonés insolubles se comportent de manières différentes suivant les conditions dans lesquelles se produit le rougissement. Lorsque la production d'anthocyane a été déterminée par un éclairement intense ou par la présence de décortications annulaires, les matières hydrocarbonées insolubles existent en plus grande quantité dans les feuilles rouges que dans les feuilles vertes n'ayant pas été soumises à ces causes.

Dans les divers cas de rougissement provoqué par les gelées automnales, les variations éprouvées par les hydrates de carbone insolubles sont loin d'être comparables; tandis que ces composés diminuent au cours de la production de l'anthocyane chez les feuilles caduques, on les voit s'accumuler au contraire en abondance dans les feuilles persistantes du *Mahonia*.

Il résulte de ces faits que, quelles que soient les causes qui provoquent le développement de l'anthocyane dans les végétaux, l'apparition de ce pigment semble liée à une accumulation de sucres et de glucosides dans les tissus et à une diminution dans la proportion des dextrines. Les variations éprouvées par les hydrates de carbone insolubles ne semblent pas jouer un rôle direct dans le rougissement, puisqu'elles ont lieu dans des sens différents suivant les causes qui déterminent la production du pigment rouge.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'action du fer sur le vin.* Note de M. TRILLAT, présentée par M. Roux.

L'action néfaste du fer sur le vin est connue depuis fort longtemps. Elle est caractérisée par une altération profonde du vin; la matière colorante se

dépose en grande partie : le vin prend en même temps une odeur et un *faux goût de vieux*.

Les observations que j'ai faites précédemment sur la formation de l'aldéhyde acétique dans le vin rouge et sur les diverses modifications qu'elle lui fait subir permettent de suivre et d'expliquer ce phénomène complexe, qui est en partie justiciable d'une aldéhydification rapide de l'alcool.

L'analyse d'échantillons de vins mis en contact pendant plusieurs jours avec du fer métallique m'a démontré qu'ils se différenciaient des vins témoins par une proportion élevée d'aldéhyde acétique, d'éther acétique et d'acétal. D'autre part, en appliquant la méthode analytique que j'ai déjà indiquée ([1]), j'ai constaté nettement dans ces vins l'existence de dépôts aldéhydiques provenant de la combinaison de l'aldéhyde acétique avec la matière colorante.

Pour suivre la marche de l'aldéhydification, j'ai mis en contact divers échantillons de vins avec du fer sous forme de clous ou de limaille : une partie de ces vins était exposée à l'air, à l'abri de toute agitation ; l'autre partie était en flacons bouchés avec une quantité d'air limitée; cette disposition permettait d'étudier l'influence de l'aération après un temps donné.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus :

	Aldéhyde exprimée en milligrammes par litre.			
	I (Fe).		II (Fe^2Cl^6).	
	Exposition à l'air libre.	Exposition à l'air limité.	Exposition à l'air libre.	Exposition à l'air limité.
Au moment de l'exposition.	Traces	Traces	Traces	Traces
Après 4 heures..........	90	86	90	86
» 6 »	92	90	95	86
» 24 »	115	100	100	95
» 30 »	130	100	115	100
» 34 »	160	100	130	100
» 40 »	195	100	140	100

Si l'on remplace le fer métallique par un de ses sels, on obtient des résultats analogues, comme le montre le Tableau II qui correspond au même vin additionné de $\frac{1}{5000}$ de perchlorure de fer.

La courbe représentant les proportions formées d'aldéhyde acétique (Tableau I) a passé par un maximum de 200^{mg} pour retomber après 2 semaines à quelques milligrammes : elle a présenté ensuite des alternances d'apparition et de disparition d'aldéhyde semblables à celles que j'avais déjà obtenues dans des circonstances analogues (*loc. cit.*).

([1]) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1908, p. 714.

Dans une autre série d'essais, j'ai constaté que le fer, selon son degré de pureté, était plus ou moins rapidement attaqué par le vin selon son origine; cette attaque n'est pas toujours en rapport avec le degré d'acidité du vin, comme on pourrait le croire. Elle est activée ou retardée par les proportions et la nature de certains éléments contenus dans le vin. Ainsi, dans mes expériences, la quantité de fer dissoute après un contact de 8 jours (température 15°) a varié, selon la composition des vins, depuis 4^{mg} à 88^{mg} par litre. En outre pour une même quantité de fer dissous dans des vins différents, l'apparition du dépôt est accélérée dans les vins d'un titre alcoolique faible; elle est nettement retardée au contraire dans les vins riches en sucre ou en glycérine.

Il ne faut pas cependant se hâter de conclure que ces dépôts soient dus uniquement à une aldéhydification; il y a lieu aussi de tenir compte de l'action oxydante du fer sur la matière colorante. Les dépôts provenant soit de l'oxydation de cette dernière, soit de l'aldéhydification, peuvent se produire selon les circonstances simultanément ou l'un après l'autre comme je l'ai démontré expérimentalement [1].

Les observations que j'ai faites au cours de ces essais font ressortir les points suivants :

1° L'aldéhydification du vin par le contact du fer est très rapide : elle varie avec la composition du vin; elle est accompagnée de la formation d'acide acétique, d'éther acétique et d'acétal.

2° La dose d'aldéhyde produite est suffisante pour provoquer à elle seule la précipitation de la matière colorante du vin.

3° Divers facteurs, tels que l'aération et la composition chimique du vin, accélèrent le phénomène.

L'altération du vin qui se produit sous l'influence du contact du fer est donc due *pour une partie* à une aldéhydification rapide et l'effet qui en résulte dans certains cas explique comment une pièce de vin peut être complètement gâtée, comme Maumené l'a observé, par la présence d'un simple clou....

Les récentes recherches de M. Stœklin concernant l'action oxydante du tannate de fer permettent de supposer que le fer atteint surtout son maximum d'effet quand il est sous cette forme.

En résumé, la composition d'un vin qui a subi le contact du fer se rapproche de celle des vins vieux et les modifications chimiques si rapides qu'on

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1908, p. 762.

observe au cours de cette action sont en quelque sorte comme une déformation des réactions lentes du vieillissement normal : c'est une vieillesse anticipée qui marque bientôt la décadence finale du vin.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Pénétration des liquides pulvérisés dans les voies respiratoires.* Note de M. **Cany**, présentée par M. Arm. Gautier.

Les liquides pulvérisés pénètrent-ils dans les voies respiratoires?

Nous avons exposé dans un autre Mémoire ([1]) les controverses auxquelles cette question a donné lieu depuis fort longtemps et les résultats contradictoires des expérimentateurs.

La technique de nos recherches a été la suivante : des moutons placés dans les salles d'inhalation de l'eau arsénicale de La Bourboule ont été tués sur place, leurs poumons détruits, leur résidu passé à l'appareil de Marsh (*méthode de A. Gautier*) et les anneaux d'arsenic comparés à ceux fournis par des poumons d'animaux témoins.

Le Tableau ci-contre résume les résultats de nos expériences, en 1906 et 1907.

Moutons témoins. — 15 moutons témoins : *a*, *b*, *c*, ..., *o* ont donné un taux normal d'arsenic de $0^{mg},001$ à $0^{mg},007$; soit en moyenne $0^{mg},0034$ ($\frac{3,5}{1000}$ de milligramme) ([2]).

Cette moyenne de $0^{mg},0034$ par poumon peut, selon toute vraisemblance, être ramenée à environ $0^{mg},003$ ($\frac{3}{1000}$ de milligramme). En rapportant le poids de l'arsenic trouvé au poids total de l'organe, nous trouvons $\frac{1}{105000000}$ environ.

Moutons expérimentés. — Après un séjour de 2 heures dans la salle d'inhalation, les 8 moutons expérimentés ont donné un taux moyen d'arsenic égal à $0^{mg},011$ ($\frac{11}{1000}$ de milligramme) par poumon, et, en rapportant ce poids moyen d'arsenic au poids total moyen des poumons, nous avons $\frac{1}{35000000}$.

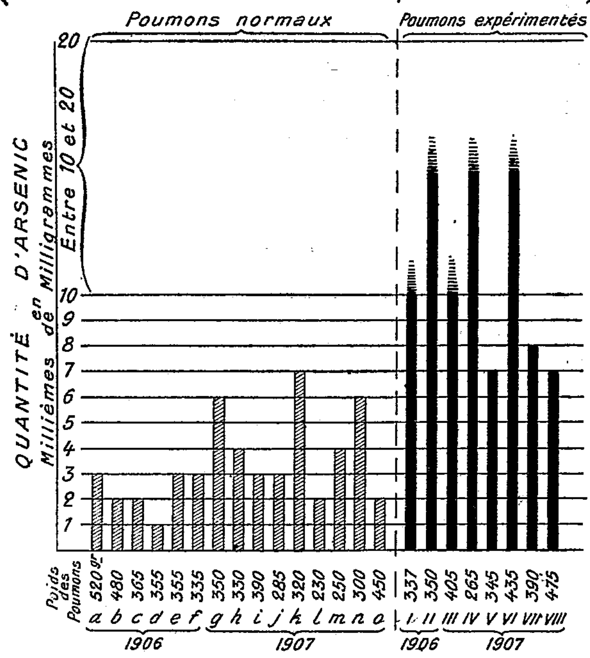
([1]) G. Cany, *Les inhalations médicamenteuses* (travail lu à l'Académie de Médecine : *Gaz. des Eaux*, juillet 1907).

([2]) La moyenne des témoins de 1906 avait été de $0^{mg},002$ par poumon, et en 1907 de $0^{mg},004$. Cela tient, selon nous, à ce que les poumons témoins de 1906 ont été détruits après transport dans des bocaux de verre rigoureusement propres; tandis que ceux de 1907 nous ont été livrés, après un séjour variable, quelquefois assez prolongé (2 à 4 jours), dans le papier jaune, dit *papier de bois*, utilisé par les bouchers et dans lequel nous avons décelé une quantité d'arsenic relativement forte proportionnellement à la teneur normale du poumon en arsenic, soit près de $\frac{1}{1000}$ de milligramme par gramme de papier (exactement $0^{mg},030$ pour 45^{g}).

Malgré un nettoyage rigoureux, quelques parcelles de ce papier desséché sont restées adhérentes aux poumons, avant destruction, et ont augmenté sensiblement le taux normal de quelques-uns d'entre eux en arsenic (notamment *g*, *k*, *n*).

L'arsenic trouvé dans les poumons des animaux qui ont inhalé l'eau minérale pulvérisée représente donc, en définitive, une quantité *trois fois plus forte,* en moyenne, que celle présentée par les poumons normaux.





Conclusion. — Nous appuyant : 1° sur l'insuccès des expérimentateurs, qui ont employé une technique imparfaite (¹) (pulvérisateurs grossiers, quantité insuffisante de particules liquides dans une atmosphère non saturée, etc.);

2° Sur les conclusions d'Emmerich (²) qui a pu retrouver et doser dans le tissu pulmonaire les liquides inhalés *après un poudroiement rigoureusement défini;*

(¹) SAENGER, *Ueber die Inhalation zerstaübter Flüssigkeit* (*Münch. Med. Woch.*, 1901, p. 831).

(²) EMMERICH, *Kann in Inhalatorium bei richtigem Betrieb, eine grössere Menge zerstaübter Flüssigkeit in die Lunge gelangen?* (*Münch. Med. Woch.*, 1902, p. 1610). Emmerich détermine qualitativement dans les alvéoles la présence d'acide borique inhalé en solution; il dose aussi quantitativement le chlorure de sodium après inhalation d'une solution de ce corps.

3° Sur les remarquables travaux de Küss [1], relatifs à la pénétration jusqu'aux alvéoles de bouillons de culture tuberculeuse pulvérisés et à l'inoculation qu'il a pu réaliser par cette voie;

4° Enfin, sur l'augmentation quantitative du taux d'arsenic trouvé par nous dans les poumons d'animaux ayant inhalé l'eau arsénicale de La Bourboule;

Nous concluons que les liquides bien poudroyés pénètrent d'une façon certaine dans les voies respiratoires profondes, à la condition que les gouttelettes produites soient de très petites dimensions et que leur nombre dans l'air inspiré soit le plus grand possible.

ANATOMIE. — *Squelette du membre postérieur de* Bradypus (*Scœopus*) torquatus (*Ill.*). Note de M. **A. Menegaux**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le membre postérieur est moins long que l'antérieur et aussi beaucoup plus court que celui de l'Unau.

Le fémur a la forme générale de celui des Bradypes, mais il est plus fort et plus large. La tête volumineuse, presque sphérique, est portée par un col très court, peu net. Les trochanters sont plus gros que chez les Aïs et distants de $28^{mm},4$. La diaphyse est aplatie; au milieu de sa longueur son indice de section est de $\frac{11.2}{8}$ comme chez les Bradypes, tandis que chez l'Unau il est de $\frac{12.7}{11.2}$. La tête inférieure est plus large que chez l'Unau.

La longueur du fémur est de 100^{mm}, environ les $\frac{2}{3}$ de l'humérus, comme chez *Br. tridactylus* L.; elle est beaucoup plus faible que chez l'Unau. Le tibia et le péroné sont un peu moins longs que le fémur. La malléole interne est munie d'une seule gouttière longitudinale. Le péroné, très arqué, a une direction oblique d'avant en arrière à partir du bas. Il ne se soude au tibia que sur une faible longueur. Comme dans tout le groupe, la malléole externe se loge dans une dépression cupuliforme de l'astragale. Ce pivot facilite la rotation du pied et cette disposition force l'animal à marcher en demi-pronation tout en donnant à l'articulation une grande solidité rendue nécessaire par l'écartement des deux malléoles. L'écart entre le tibia et le péroné (19^{mm} sur 76^{mm}) rappelle *Bradypus* et non pas *Cholœpus* (21^{mm} sur 115^{mm}). Le tibia et le péroné ont respectivement 105^{mm} et $95^{mm},6$, tandis que chez *Cholœpus* ils atteignent 154^{mm} et 152^{mm}.

Tous les osselets du tarse se soudent ensemble chez les adultes âgés. Le calcanéum rappelle celui des Bradypes par sa forme et par ses dimensions : il a 36^{mm} de long, chez *tridactylus* 33^{mm}, et chez *Cholœpus didactylus* 25^{mm}. Mais chez ce dernier il touche un long cuboïde qui le repousse en arrière.

---

(1) Küss et Lobstein, *Étude expérimentale de la transmission de la tuberculose par inhalation* (*Revue de la tuberculose*, 2e série, t. IV, p. 371-394).

L'astragale a la forme d'une roue placée de champ; il est situé en dedans et obliquement sur la direction du calcanéum et non pas parallèle à ce dernier. La fossette latérale externe est profonde pour loger l'apophyse styloïde du péroné.

On trouve ensuite un os transversal qui s'étend de la base du premier métatarsien à la base du cinquième, et qui a ainsi 20^{mm} sur 6 à 7 dans le sens antéro-postérieur. Le calcanéum et l'astragale d'une part et les métatarsiens d'autre part viennent s'appuyer contre cet os et s'y soudent complètement de façon à supprimer toute mobilité. Chez *Cholœpus* les osselets du tarse restent séparés les uns des autres et des métatarsiens. Il était donc intéressant de rechercher quelle est l'homologie de cet os transversal, s'il représente tous les os du carpe, excepté le calcanéum et l'astragale, ou bien une partie seulement.

Sur la radiographie d'un tarse d'un très jeune *Br. tridactylus,* dont le fémur n'avait que 28^{mm}, ces osselets étaient parfaitement isolés; le cuboïde et les trois cunéiformes forment la rangée distale et le scaphoïde ou naviculaire est opposé à ces trois derniers en regard de l'astragale. Le cuboïde s'est formé le premier, puis successivement le scaphoïde, le troisième, le deuxième et enfin le premier cunéiforme. Chez un *Br. cuculliger* Wagl (dont le fémur avait 73^{mm} et le calcanéum $25^{mm},5$) ces cinq osselets sont encore séparés; le scaphoïde et le cuboïde occupant toute la largeur du tarse et se touchant au niveau de la séparation des troisième et quatrième métatarsiens.

A la face dorsale, on voit encore nettement le troisième cunéiforme, tandis que le deuxième n'est déjà plus visible qu'à la face inférieure et, par conséquent, est déjà soudé et fusionné en dessus avec le métatarsien correspondant. Le premier cunéiforme, quoique étant le dernier formé, est déjà fusionné avec la base du premier métatarsien rudimentaire. Jamais il ne présente la grosse apophyse récurrente et descendante si caractéristique de *Cholœpus,* et qui lui donne une longueur de 18^{mm}.

Sur un troisième spécimen de *Bradypus* plus âgé (dont le calcanéum avait 30^{mm}), mis obligeamment à ma disposition par mon ami le professeur Boule, j'ai pu voir que les deuxième et troisième cunéiformes sont encore, à la face plantaire et sur les côtés, respectivement séparés des métatarsiens II et III, tandis qu'à la face dorsale toute trace de démarcation a disparu. En outre, le scaphoïde et le cuboïde ne sont pas encore soudés ensemble, pas plus que les métatarsiens. C'est donc un stade moins avancé que celui qu'a figuré Cuvier in *Ossements fossiles* (t. V, 1823, Ire Partie, *Pl. V*). Plus tard, lorsque le scaphoïde et le cuboïde se sont soudés en un os scapho-cuboïde transversal, il persiste une ligne de séparation entre cet os, en arrière, d'une part, avec le calcanéum et l'astragale, et en avant, d'autre part, avec les trois cunéiformes et le métatarsien. Ce n'est qu'ensuite que la fusion complète s'effectue avec les éléments distaux et proximaux et que les lignes de suture s'effacent peu à peu avec l'âge. Donc le scapho-cuboïde des Bradypes est bien l'homologue de l'os transversal du tarse de *Br. torquatus.* En effet, chez le vieil adulte de *Br. torquatus* (Ill.), le scapho-cuboïde est soudé aux éléments distaux et proximaux, quoiqu'il en paraisse encore séparé par une ligne assez visible, en sorte que tous les osselets constitutifs du pied (tarsiens, métatarsiens, phalanges), comme chez *Bradypus,* constituent un levier rigide

à l'extrémité duquel les trois phalanges onguéales forment trois crochets mobiles sur les deuxièmes phalanges. Poche (in *Zoologischer Anzeiger,* 1908, p. 576) n'est pas tout à fait de cet avis, toutes ces soudures n'étant pas encore complètes chez les individus plus jeunes qu'il a étudiés.

Des cinq métatarsiens, le premier et le cinquième sont très courts et rappellent ceux de *Bradypus,* tandis qu'ils s'éloignent de ceux de *Cholœpus* qui sont styliformes et très longs (18mm et 25mm). Des trois métatarsiens bien développés, le troisième est le plus gros. Tous sont courts, trapus, forts, aplatis (21mm, 19mm, 19mm) transversalement et diffèrent complètement de ceux des *Unaus* qui sont longs et minces (35mm, 35mm, 37mm). L'espace interosseux est étroit.

La première phalange est identique à celle du membre antérieur et porte deux apophyses récurrentes. Rien de semblable n'existe chez *Cholœpus*. Les deuxièmes phalanges sont courtes (27mm à 30mm), tandis qu'elles atteignent 45mm chez *Cholœpus*. Celle du quatrième doigt est un peu réduite. Les troisièmes phalanges, empâtées à leur base, portent de fortes griffes. Le quatrième doigt est un peu plus court que les autres, de même que la griffe.

En résumé, cette étude démontre que, chez *Br. torquatus* (Ill.), le membre postérieur, où cependant les soudures paraissent se faire plus tardivement, rappelle les Bradypes :

1° Par la forme et les dimensions du fémur, du tibia et du péroné;

2° Par la forme du calcanéum, ainsi que par celle du cuboïde et du scaphoïde chez le jeune;

3° Par la formation d'un scapho-cuboïde chez l'adulte;

4° Par la soudure complète des tarsiens à l'ensemble des métatarsiens chez les individus âgés;

5° Par la forme et les dimensions des métatarsiens, ainsi que par leur soudure latérale en une masse osseuse, sans qu'il reste aucune indication de ligne suturale chez l'animal âgé;

6° Par l'identité de la première phalange avec celle des Bradypes ainsi qu'avec celle du membre antérieur;

7° Par la soudure des métatarsiens avec les deux premières phalanges de chaque doigt; seule, la dernière phalange reste mobile.

Donc cette quasi-identité de squelette entre le membre postérieur et celui de *Bradypus*, venant s'ajouter à celle que j'ai déjà signalée pour le membre antérieur (*Comptes rendus,* t. CXLVII, 1908, p. 637), nous montre que, par son appareil locomoteur, cette intéressante espèce rentre tout à fait dans le type ostéologique *Bradypus*, adapté à la vie arboricole, et que les différences squelettiques observées jusqu'à maintenant sont d'ordre secondaire et trop peu importantes pour qu'il soit juste de leur accorder une valeur prépondérante dans la systématique et de leur subordonner les caractères morphologiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie du bassin de l'Ogôoué.* Note de M. H. Arsandaux, présentée par M. A. Lacroix.

Dans une Note récente j'ai décrit sommairement la géologie de la boucle de l'Ogôoué.

Les données fournies par ce travail, jointes à celles que j'ai pu recueillir sur le restant du bassin et provenant soit d'observations personnelles, soit des écrits de Barrat, soit encore de l'étude que j'ai faite de diverses collections pétrographiques du Muséum d'Histoire naturelle relatives au Gabon, constituent les éléments de cette esquisse géologique sur l'ensemble du bassin de l'Ogôoué.

L'étude des documents en question, le report sur une Carte des nombreuses déterminations lithologiques en résultant, mettent en évidence : 1° la grande constance des caractères pétrographiques essentiels respectivement propres aux diverses roches affleurant dans notre région africaine ; 2° la continuité géologique des formations sédimentaires de celle-ci, d'une rive à l'autre du fleuve ; 3° la répartition de ses divers terrains constituants en trois régions géologiques distinctes.

Les deux premières des constatations précédentes permettent d'étendre au bassin entier de l'Ogôoué la plupart des considérations concernant l'âge relatif des terrains dans la boucle de l'Ogôoué ; je ne reviendrai pas ici sur ce sujet et m'occuperai principalement de la répartition des terrains dans les trois régions signalées plus haut.

La première de ces régions, relative au cours inférieur du fleuve, en aval du confluent de la N'Gounié, présente une faible extension géographique, comparativement au restant du bassin. Elle correspond à un pays encore mal connu, d'altitude moyenne peu élevée, où semblent prédominer les formations latéritiques alluviales ; dans sa partie côtière, on y a signalé des lambeaux sédimentaires datés, et près de Libreville, enfin, on y connaît une petite masse basaltique.

La seconde région géologique, comprenant en superficie au moins la moitié du bassin, concerne le territoire que traverse l'Ogôoué dans son cours moyen. Le fleuve y détermine deux régions secondaires, à peu près symétriquement disposées, par rapport à la direction générale de ses eaux ; l'une, celle du Sud, est la boucle de l'Ogôoué, limitée à l'Est par le Haut-Ogôoué, partie du fleuve en amont de l'embouchure de l'Ivindo ; l'autre, celle du Nord, s'étend vers l'Est jusqu'à cette dernière rivière, dont le cours

se trouve être à peu près symétrique du Haut-Ogôoué par rapport au cours moyen de ce fleuve.

Les terrains sédimentaires occupent sur toute la largeur de ce territoire une zone allongée suivant l'orientation EO, celle du cours moyen du fleuve. Ils sont constitués de larges bandes juxtaposées de roches plissées, métamorphisées ou non, s'étendant avec continuité en travers de l'Ogôoué, dont la direction générale dans cette région est à peu près normale à celle des plissements parallèles affectant ces roches.

De part et d'autre de cette zone, au Nord et au Sud, les granites succèdent partout aux roches sédimentaires. Au Nord, ces roches éruptives constituent sans doute un très vaste massif dont l'extension doit être au moins aussi considérable que celle du grand massif granitique de la boucle de l'Ogôoué; il semble, en effet, commencer à des distances variées, mais peu importantes, du fleuve, se poursuivant, vers le Nord, jusques et au delà des limites du bassin et, dans le sens transversal, s'étendre avec continuité entre l'Abanga et l'Ivindo.

L'analogie entre ces deux grandes masses granitiques s'accuse encore dans un autre ordre d'idées, car de même que, dans la boucle du fleuve, le massif septentrional correspond aux parties les plus élevées de la région secondaire dont il dépend et constitue également un nœud hydrographique important, étant le siège des sources des rivières Abanga, Okano, Ivindo et ses affluents de droite, tributaires de l'Ogôoué, des fleuves à bassin indépendant Voleu et N'Tem, et très probablement aussi de la N'Goko, affluent de la Sanga.

La troisième région, enfin, occupe toute la partie orientale du bassin, elle est revêtue en grande partie de grès blancs horizontaux en continuité géologique avec ceux de la boucle de l'Ogôoué (¹).

C'est un pays de plateaux assez élevé (450^{mm} à 800^{mm}) dont les grès superficiels se poursuivent au loin, vers l'Est, bien au delà des limites du bassin. Profondément entamé par l'érosion, on y voit çà et là dans les thalwegs, principalement dans sa partie occidentale, le substratum des grès, constitué de roches sédimentaires assimilables aux roches anciennes plissées et non métamorphiques de la région précédente et quelquefois aussi des granites. De nombreuses rivières y prennent leur

(¹) Corrélativement au développement de ces roches superficielles, la forêt qui, dans le restant du bassin, joue un rôle très prépondérant, est ici subordonnée à l'important développement des steppes à graminées; toutefois, elle y occupe encore de grandes surfaces d'alluvionnement et constitue aussi de nombreuses galeries correspondant aux cours d'eau.

source : ce sont, d'une part, les affluents de l'Ogôoué, rive droite, et ceux de l'Ivindo, rive gauche et, d'autre part, les tributaires du Congo débouchant dans ce fleuve entre son confluent avec la Sanga et le Stanley-Pool.

La description donnée plus haut de la seconde région fait ressortir principalement la symétrie que présentent à divers égards ses deux divisions secondaires par rapport à la direction du cours moyen du fleuve. Cette symétrie et le fait, également signalé pour la même région, d'un sens d'écoulement de l'Ogôoué, transversal à l'orientation de plissements qui, normalement, auraient dû s'opposer à son passage, me font admettre l'existence, dans cette partie du bassin, d'un accident tectonique, à la faveur duquel le fleuve a établi son lit parallèlement à l'équateur.

Cette hypothèse est rendue vraisemblable, par suite de l'existence de nombreuses cassures, orientées toutes à peu près EO, qu'on voit affecter les roches sédimentaires dures (1), quelquefois aussi les granites, dans la région correspondante.

C'est particulièrement sur les roches constituant les nombreux barrages de l'Ogôoué, que les cassures s'observent avec fruit; ces roches, des schistes compacts et des quartzites rubanés principalement, y présentent en effet de nombreuses et profondes diaclases plus ou moins inclinées sur l'horizon, les ayant débitées en dalles parallèles, d'épaisseur variable; les espaces interstitiels de celles-ci, élargis par l'érosion, donnent issue aux eaux.

Les roches tendres de cette région, des micaschistes, des schistes amphiboliques ou graphitiques principalement, ne laissent pas observer les mêmes phénomènes; toutefois, des plissotements d'une grande netteté, qu'elles présentent souvent suivant une direction à peu près normale à celle de leur plissement principal, ont sans doute la même origine que les diaclases précédentes.

Les roches dures prédominent très nettement dans le cours moyen de l'Ogôoué; en raison de ce qui précède, les eaux de ce fleuve y présentent donc naturellement une direction générale d'écoulement en rapport avec l'orientation moyenne EO des diaclases qu'on observe au milieu d'elles. Quant aux roches tendres, tant en raison de leurs caractères physiques que de l'importance secondaire de leur développement, elles ont sans doute peu influé sur la direction en question.

---

(1) Dans l'Okanda, à quelques kilomètres au nord du fleuve, de telles cassures ont provoqué dans les quartzites la formation de falaises, dont la paroi, à peu près verticale et plane, offre une hauteur de 8^m à 10^m, et un grand développement dans le sens de l'horizontale.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge et la nature des plissements les plus récents des reliefs intérieurs de l'Atlas tellien oriental (Algérie).* Note de M. L. **Joleaud**, présentée par M. H. Douvillé.

Au sud des chaînes sublittorales de l'Atlas tellien oriental (chaîne numidique, etc.), s'étendent d'importants reliefs (subplateaux de Constantine, etc.), dont le revers nord présente une pente relativement raide, et le revers sud, des séries d'ondulations qui conduisent graduellement aux hautes plaines steppiques.

Les poussées tangentielles ont agi surtout, dans les reliefs intérieurs de l'Atlas tellien oriental, après le Lutétien : elles y ont déterminé la formation de larges plis et le charriage d'une nappe d'origine septentrionale ([1]). Dans la suite, les voûtes dessinées par les masses récifales liasiques, éo- et mésocrétacées se sont affaissées; les pieds-droits sont demeurés en relief dans les aires anticlinales; des champs de fractures, des failles, des flexures se sont produits sur les bords des voûtes affaissées; plusieurs des rochers restés en surélévation ont ainsi pris l'apparence de brachyanticlinaux asymétriques. Par suite d'un double décollement dans la série sédimentaire, les argiles triasiques ont été poussées à chevaucher, en nappes de recouvrement, entre les calcaires récifaux et les marnes du Sénonien, sur l'emplacement des voûtes affaissées, le long des flexures et sur les tronçons des pieds-droits encore en saillie. Dans l'ensemble formé par les argiles triasiques, les marnes du Sénonien et la superstructure de celles-ci (argiles, marnes, calcaires en petits bancs, grès et conglomérats de l'Éocène, du Miocène inférieur et moyen) se sont développés, tout autour des débris des vieilles chaînes, des plis couchés et des plis imbriqués, à déversement dirigé vers les axes des anciens plis; les argiles triasiques ont, de plus, cheminé dans les failles des plis imbriqués. Ces dernières dislocations étaient déjà nettement accusées au milieu du Miocène.

Après le Pliocène inférieur se produisit une accentuation des accidents tectoniques antérieurs, en même temps que le régime des plis couchés et des plis imbriqués s'étendait aux argiles à *Unio Dubocqui* et aux conglomérats rouges du Pontien, ainsi qu'aux calcaires à *Helix subsemperi* et *Bithynia Gaudryi* du Pliocène inférieur. Ces deux étages, *intimement liés l'un à l'autre,* participent nettement, en effet, aux plis couchés et aux plis imbriqués des vallées du Smendou (chabet Saïd, douar Guettara), du Rummel (le Kheneg, Siliana, Mila), du Bou Merzoug (Ouled Rahmoun), de l'oued el Keleb (Sila). Les nappes triasiques ont même été reprises dans de tels plis (gare des Ouled Rahmoun).

Certains de ces plis-failles donnent naissance à des exsurgences thermales : l'une de celles-ci, au nord du Kheneg, près de la ferme Lavie, est en relation avec une fracture affectant le Pliocène inférieur. D'autres ont été suivies par des venues métallifères

([1]) L. Joleaud, *Comptes rendus*, 1er juin et 7 septembre 1908.

(arséniate de plomb, etc.). La mine du Nador, dont le mur est formé par des calcaires du Pliocène inférieur à *Helix massylaca*, est comprise dans un faisceau de plis imbriqués, auxquels participent également, comme le montrent les travaux des galeries, des conglomérats et des argiles identiques aux couches pontiennes étudiées par M. Dareste de la Chavanne, un peu plus à l'Ouest, dans le bassin de Guelma. Non loin du Nador, à Ain Achour, des rochers formés de calcaires minéralisés à silex et à Bélemnites, probablement liasiques, sont complètement emballés dans le Pontien, d'après ce qui semble résulter d'observations faites au cours de recherches minières; ces calcaires, repris dans les dislocations récentes, devaient, comme le Lias fossilifère reconnu au voisinage par M. Dareste de la Chavanne, se trouver précédemment à la surface des argiles triasiques; celles-ci ont même pu s'étirer, comme à Constantine, dans les plis imbriqués. MM. Blayac et Gentil ont d'ailleurs signalé l'importante extension du Trias dans toute cette région. On trouve enfin, dans les cassures des calcaires d'Ain Achour et du Nador, des argiles rouges et des calcaires-travertins marmoréens, peut-être pliocènes supérieurs, en partie minéralisés, tout comme les fossiles qu'ils renferment : *Rumina decollata, Helix melanostoma,* restes de petits Reptiles (?); des faits analogues s'observent dans la région de Constantine (Aïn Smara).

Les dislocations postérieures au Pliocène inférieur paraissent d'ailleurs avoir largement favorisé la naissance des importantes sources, probablement chaudes, qui ont déposé, au-dessus des sables à *Elephas meridionalis,* les calcaires-travestins du Sicilien inférieur. Ces dernières assises dessinent, à leur tour, des ondulations anticlinales et synclinales, d'amplitude variée, comme le montrent les tranchées de la voie ferrée entre le Kroub et El Guerra ; plus au Nord, les mêmes calcaires passent successivement, sur une longueur de 13^{km}, par les altitudes de 762^{m} (Aïn Four), 650^{m} (Sidi Mabrouk), 785^{m} (Sidi Mcid), 610^{m} (Bekeira), 791^{m} (Kelal). A Sidi Mcid, où ils dominent de 324^{m} l'étiage du Rummel, ces sédiments butent par faille contre le Turonien et le Sénonien, comme l'a signalé précédemment M. Ficheur.

Les reliefs intérieurs de l'Atlas tellien oriental ont donc été le théâtre, à la fin de l'ère tertiaire, d'importants mouvements orogéniques, qui semblent se continuer de nos jours, en donnant naissance à des tremblements de terre (séisme de Constantine du 4 août 1908).

M. A. Rateau adresse deux Notes intitulées : *Méthode d'expériences pour recherches aérodynamiques* et *Centres de poussée.*

M. G. Barbaudy adresse une Note intitulée : *Aviation.*

(Ces trois Notes sont renvoyées à l'examen de la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 MARS 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue, au nom de l'Académie, à M. le Président, M. le Secrétaire, MM. les Membres du Comité international des Poids et Mesures, présents à la séance.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. Termier pour occuper, dans la Section de Minéralogie, la place vacante par le décès de M. *A. Gaudry*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Termier** prend place parmi ses Confrères.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Complément et résumé des observations faites à Meudon sur la comète Morehouse.* Note de MM. **H. Deslandres**, **A. Bernard** et **J. Bosler**.

La Note actuelle complète deux Notes précédentes sur le même sujet, une Note de Deslandres et Bernard du 2 novembre 1908 et une Note de Deslandres et Bosler du 23 novembre [1]. Après cette dernière date, les

---

[1] *Recherches spectrales de la comète Morehouse* (*Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 774) et *Sur le spectre de la comète de Morehouse* (même Tome, p. 951).

observations ont été continuées; elles sont exposées dans cette Note unique, qui résume en même temps l'ensemble des travaux faits à Meudon sur la comète, la part spéciale de chaque auteur étant d'ailleurs indiquée clairement.

L'Observatoire a étudié aussi activement que possible cette comète Morehouse, justement qualifiée d'extraordinaire, et c'est lui qui a reconnu plusieurs particularités curieuses et même nouvelles de son spectre.

Après les résultats fort intéressants de la comète Daniel 1907*d*, le directeur de l'Observatoire, dans deux Notes successives à l'Académie (¹), avait préconisé un plan général de recherches pour l'étude physique complète des comètes et même proposé une entente internationale. Mais, lorsque la comète a été signalée en septembre 1906, le plan adopté à Meudon était encore en voie d'exécution. Aussi les appareils nécessaires ont-ils été appliqués à la comète, incomplets, avec un certain retard et successivement. Une seule des chambres prismatiques a été mise en service et à partir du 14 octobre. Le spectrographe à fente a été employé le 1er novembre avec un prisme et le 1er décembre avec deux prismes. Mais déjà en novembre la comète était basse sur l'horizon, et le temps s'est maintenu mauvais jusqu'à la disparition de la comète à la fin de décembre.

Malgré ces conditions défavorables, les résultats sont dignes d'intérêt.

La première Note du 2 novembre, par Deslandres et Bernard, expose les traits principaux du spectre relevé de $\lambda 500$ à $\lambda 360$, avec une chambre prismatique; elle complète et rectifie une Note antérieure (du 19 octobre) de La Baume Pluvinel et Baldet (²) qui ont opéré quelques jours plus tôt avec un appareil similaire. Les points suivants sont mis en relief :

a. Les trois raies ou bandes nouvelles ($\lambda 456$, 426 et 401), d'origine inconnue, signalées pour la première fois dans la queue de la comète Daniel 1907 *d* par Deslandres et Bernard (³), sont retrouvées dans la comète Morehouse, et même plus fortes et plus développées dans la queue. Cette découverte doit fixer l'attention; car la seule comète dont, avant 1907, le spectre de la queue avait pu être reconnu était la comète de 1881, qui offrait, tout le long de la queue, le spectre des hydrocarbures ou de Swan,

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLV, p. 843 et p. 1108.

(²) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 666.

(³) *Comptes rendus*, t. CXLV, p. 445. Les mêmes raies ont été signalées ensuite dans la même comète par Chrétien (*Comptes rendus*, t. CXLV, p. 549) et par Evershed (*Monthly Notices*, Vol. LXVIII, n° 1).

émis en général par la tête; or les deux comètes Daniel et Morehouse ne présentent pas dans la queue ou présentent très faibles les bandes de Swan, mais émettent fortement les radiations nouvelles signalées.

b. La comète Morehouse n'émet pas, comme la plupart des comètes, le spectre entier du cyanogène avec ses quatre groupes de bandes, mais seulement le groupe le plus intense avec ses bandes λ388 et 387.

Par contre, elle offre une bande forte λ391,4, signalée pour la première fois dans les comètes et assimilée à la bande caractéristique que l'azote émet aux basses pressions par illumination électrique. Cette bande a été reconnue et résolue en raies fines par Deslandres dans le laboratoire en 1886, et depuis a été retrouvée dans l'aurore boréale terrestre, où même elle est la plus intense.

c. Avec une dispersion croissante, la bande λ391 (à laquelle on peut joindre les deux bandes 388 et 387) reste simple; mais les trois raies nouvelles signalées ci-dessus, λ456, 426 et 401, apparaissent doubles (de même que les autres raies plus faibles). De plus, les intervalles de ces trois doublets sont, en longueurs d'onde, dans la comète Morehouse, égaux à 2,2 — 2,3 et 2,0; alors que les intervalles correspondants mesurés par Chrétien dans la comète Daniel sont 3,9 — 1,7 et 0,8. Il y aurait, d'une comète à l'autre, une variation des intervalles, et, pour l'expliquer, Deslandres et Bernard sont conduits à supposer que les radiations sont normalement simples, mais subissent soit un effet Zeeman, soit un effet Döppler, soit un phénomène nouveau spécial aux comètes.

L'effet Döppler serait analogue à celui reconnu par Stark avec les rayons-canaux de Goldstein dans les gaz ([1]). Mais, dans cette hypothèse, l'intervalle des doublets doit varier avec les positions respectives du Soleil, de la comète et de la Terre, et même peut-être varier tout le long de la queue. Aussi nous sommes-nous proposé de suivre le spectre cométaire et les doublets pendant un temps suffisant, et particulièrement avec le spectrographe à fente qui assure des mesures plus précises et décèle plus nettement la largeur exacte des radiations dans l'échelle des longueurs d'onde.

Le spectrographe à fente employé en novembre était petit, à un seul prisme, mais très lumineux et mobile autour de son axe; de plus, il avait ceci de particulier qu'il recevait la lumière d'un objectif de faible distance

([1]) Ce doublement des raies spectrales par les rayons-canaux est un fait remarquable qui peut servir à déceler ces rayons spéciaux, analogues aux rayons α du radium, dont l'émission par le Soleil est admise dans plusieurs théories solaires.

focale ($0^m,80$ seulement), ce qui permettait d'avoir le spectre de la queue sur une longueur de près de 1° à partir de la tête.

Les premiers résultats de l'appareil ont été présentés dans la seconde Note du 23 novembre, par Deslandres et Bosler. Les raies sont bien nettement doubles et leurs intervalles sont à peu près les mêmes qu'avec la chambre prismatique ; de plus, comme le rapport $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ est à peu près le même pour toutes les raies doubles mesurées, il y a là un fait favorable à l'effet Döppler.

Après cette seconde Note, plusieurs bonnes épreuves ont été obtenues avec les deux appareils, en particulier les 28, 29 et 30 novembre.

Plus tard, dans le numéro de janvier de l'*Astrophysical Journal*, les observatoires américains de Yerkes et de Lick ont publié leurs observations spectrales de la même comète, poursuivies en novembre. A Yerkes, Frost et Parkhurst ont employé à la fois la chambre prismatique et le spectrographe à fente, mais avec des prismes peu dispersifs. A Lick, Campbell et S. Albrecht ont opéré avec la grande lunette de 36 pouces et un spectrographe à fente, mais à fente large, qui a donné trois épreuves mesurables du 28 au 30 novembre. Les deux résultats sont en accord avec les nôtres. Dans une seconde Note (*Bulletin n° 147 de l'Observatoire*), les astronomes de Lick discutent la duplication des raies nouvelles, dont le rapport $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ est à peu près constant, et la vérification indiquée par nous pour l'effet Döppler supposé. Comme l'intervalle des doublets ne paraît pas avoir varié en six semaines, alors que l'angle Comète-Soleil et Comète-Terre a changé sensiblement, l'hypothèse de l'effet Döppler est notée justement par eux comme improbable.

Enfin, récemment (*Comptes rendus,* même tome, p. 759), de La Baume Pluvinel et Baldet résument leurs dernières observations très intéressantes sur les mêmes sujets. Ils ont eu le grand mérite d'observer le spectre cométaire de λ 700 à λ 320, sur une étendue plus grande que les autres observateurs, et d'augmenter notablement le nombre des doublets nouveaux. La distribution de tous ces doublets est régulière et exprimée par eux avec des formules du type $A + Bm^2$, spécial aux spectres des bandes. Ils en concluent que tous ces doublets nouveaux sont des têtes de bandes d'un spectre unique dû à un même corps, d'ailleurs inconnu.

De notre côté nous présentons, dans la Note actuelle, nos résultats non encore publiés et quelques remarques sur le spectre cométaire.

Le Tableau ci-après, dû à Bosler, résume les mesures tirées du spectro-

graphe à fente petit, mais employé avec une fente fine (¹). Il donne les longueurs d'onde d'une épreuve du 30 novembre et celles de la moyenne de quatre épreuves. D'après la précision des mesures ces dernières sont, entre λ 427 et λ 391 inclus, exactes à ± 0,3 Ångström près et ± 0,7 Ångström près pour les raies extrêmes.

Cliché du 30 novembre 1908.				Moyenne de 4 épreuves.	
I.	λ.	I.	λ.	λ.	λ.
1......	4714,0	7......	3913,5	4714,0	3913,2
4......	4688,5	6......	3881,9	4688,5	3881,1
5......	4569,3	3......	3870,1	4570,5	3870,1
6......	4547,4	1......	3799,2	4548,1	3799,2
2......	4525,0	2......	3782,7	4525,0	3782,7
10......	4276,5	??......	3763,0	4275,8	3763,0
9......	4255,4			4255,2	
9......	4022,4			4021,8	
8......	4003,7			4003,3	

Ces chiffres sont corrigés de la vitesse radiale de la comète qui a pour effet de réduire les longueurs d'onde d'environ 0,4 Ångström. Pour les intensités 10 correspond aux raies les plus fortes.

La radiation λ 391,35 a été le 2 novembre rapportée à la bande caractéristique de l'azote aux basses pressions. Or la tête de cette bande a pour longueur d'onde exacte 391,44; il y a une petite différence. Mais la bande (voir les Notes de Deslandres, *Comptes rendus*, t. CLIII, p. 375, t. CXXXVII, p. 437 et t. CXXXIX, p. 1174 et les dessins annexes) comprend une première partie forte, dont le milieu a pour longueur d'onde 391,35 et qui est suivie d'une petite lacune et ensuite d'une seconde partie dégradée, moins intense. Avec la faible dispersion de notre appareil, la mesure a porté sur le milieu de la première partie, et l'accord est satisfaisant. D'ailleurs, sur les belles épreuves du spectrographe, on aperçoit bien en ce point une bande, c'est-à-dire une raie accompagnée d'une partie dégradée vers l'ultraviolet. Enfin les épreuves de la chambre prismatique, en verre ultraviolet, montrent une petite condensation vers λ 357 et même vers λ 337, là où se trouvent aussi des bandes, lorsqu'on illumine l'azote aux très basses pressions dans le laboratoire.

(¹) Les mesures tirées de la chambre prismatique ont été publiées dans la Note du 2 novembre. Il y aurait à leur ajouter deux doublets faibles et difficiles à mesurer exactement.

La bande en question est donc due très probablement au gaz azote qui, comme on sait, n'a pas été reconnu encore dans le Soleil et les comètes. On y a retrouvé, il est vrai, des bandes attribuées au cyanogène; mais cette attribution n'est pas certaine.

La bande est émise aux très basses pressions dans le laboratoire et se forme à la rencontre du gaz avec le rayonnement cathodique. Comme d'autre part elle apparaît dans la queue entière de la comète, dont la matière très diluée est comparable à celle des tubes à vide et dont la lumière est considérée en général comme étant d'origine solaire, on peut considérer que cette bande annonce l'émission par le Soleil d'un rayonnement cathodique ([1]).

Avec le spectrographe à fente qui seul décèle bien la nature véritable de chaque image spectrale, la radiation λ388, attribuée au cyanogène, apparaît aussi comme une bande; mais, par contre, les cinq doublets nouveaux, intenses ou bien visibles sur nos épreuves, ont l'aspect de raies simples et non de bandes. La dispersion est faible, il est vrai, et l'on ne peut conclure. Cependant Campbell et Albrecht, de La Baume Pluvinel et Baldet les ont présentées plutôt comme des bandes. Les deux derniers auteurs invoquent à l'appui la distribution des doublets, ramenée par eux à quatre séries en progression arithmétique. Mais Deslandres, qui a étudié longuement les spectres de bandes, remarque que cette distribution n'est pas la distribution classique des têtes de bandes, les séries n'étant pas superposables; on a plutôt la distribution des raies d'une même bande avec quatre séries différentes ([2]) : cette étude devra être reprise avec des appareils plus puissants.

([1]) Aux très basses pressions, lorsque le rayonnement cathodique envahit le tube à vide tout entier, cette bande de l'azote reste la seule dans la région du spectre photographiée avec le spectroscope à fente. Si l'on va plus loin dans l'ultraviolet, d'autres bandes λ357 et 337 apparaissent aussi, mais plus faibles.

La bande principale λ391 se retrouve avec la même intensité dans l'aurore boréale terrestre, qui est attribuée à des rayons cathodiques. Elle a été retrouvée aussi par Huggins dans le rayonnement spontané du radium, mais plus faible que les bandes positives voisines; dans ce cas, il est vrai, interviennent non seulement les rayons β analogues aux rayons cathodiques, mais, les rayons α qui représentent la plus grande partie de l'énergie émise.

Tous ces rapprochements conduisent à l'émission par le Soleil de rayons cathodiques ou de rayons analogues.

([2]) Lorsque la bande est courte et dépend d'un seul corps simple, les séries sont égales, ou à peu près ; mais, lorsque la bande est étendue et liée à une véritable molécule composée, les raisons des séries ont parfois de grandes différences.

Quant à l'idée d'une variation des intervalles des doublets, suggérée par les mesures de Chrétien sur la comète Daniel et par l'hypothèse d'un effet Stark-Döppler, elle semble devoir être abandonnée. Ces intervalles ont été trouvés à peu près constants, au moins à la tête de la comète, pendant six semaines, alors que l'angle des rayons vecteurs Comète-Soleil et Comète-Terre a varié de 49° à 37°; et, d'ailleurs, les mesures de Chrétien en 1907, qui n'ont pas été contrôlées par d'autres, peuvent ne pas avoir la précision que nous leur avons supposée. Par contre, Deslandres et Bosler pensent reconnaître, sur la belle épreuve du 30 novembre et sur le doublet le plus intense λ 426, une variation de l'intervalle le long de la queue. Cet intervalle, à 30′ de la tête, paraît à première vue plus grand qu'à la tête même; mais, comme les intensités des raies en ces deux points sont différentes, les mesures sont difficiles et non concluantes; elles ont donné 2,1 à la tête, 2,5 ou 2,6 à l'autre point. Ici encore de nouvelles recherches avec des appareils plus puissants seront utiles, à moins que l'étude spectrale de la comète, poursuivie en 1909 dans l'Amérique du Sud, n'apporte une conclusion définitive sur la nature de ces doublets [1].

De toute façon, le spectre nouveau de doublets et ses trois radiations principales 456, 426 et 401 sont à retenir : ils constituent peut-être le caractère le plus constant des spectres cométaires, puisqu'ils sont intenses dans deux comètes qui offrent très inégales les bandes classiques des hydrocarbures.

Les comètes sont toujours très mystérieuses et leur étude complète peut donner les résultats les plus inattendus et déceler des propriétés encore inconnues de l'espace interstellaire. L'utilité d'une organisation spéciale à ces astres est donc manifeste, et notre observatoire a été un des premiers à la comprendre et à faire le nécessaire. D'ailleurs, en général, l'étude spectrale n'exige que de petits instruments; et à Meudon, pour la comète Morehouse, elle a été poursuivie avec des objectifs de distance focale inférieure à 1^{m}.

---

(1) Pour expliquer les doublets, Deslandres et Bernard, au début, avaient aussi admis un effet Zeeman, qui impliquait une polarisation spéciale. Pour la vérifier, ils ont photographié le spectre cométaire d'abord en plaçant devant la plaque un rhomboèdre de spath dont la section principale était parallèle à la queue de la comète, et ensuite en ajoutant une lame quart d'onde à 45°. Dans les deux cas, les images dédoublées n'ont pas montré une différence d'intensité appréciable; ce qui n'est pas favorable à l'effet Zeeman.

Le nombre et la nature des observations faites se résument ainsi :

Chambre prismatique, avec le prisme de 22°, 6 épreuves ; avec le prisme de 61°, 9 épreuves.

Spectrographe à fente avec un seul prisme de 64°,8 épreuves.

Chambre photographique de $0^m,65$, 16 épreuves.

Chambre photographique de $0^m,17$, 16 épreuves.

Grand réflecteur de 3^m, confié à Rabourdin, 61 épreuves extrêmement belles qui donnent de fins détails de la tête.

Un Tableau complet de toutes ces épreuves, avec les dates précises et les temps de pose, sera publié prochainement dans le *Bulletin astronomique*.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la diffraction des ondes hertziennes.* Note de M. **H. Poincaré.**

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 22 février 1909, p. 453), j'ai mis l'équation des ondes hertziennes sous la forme d'une équation de Fredholm,

$$(1)\qquad 2\pi\mu = \int \mu' \mathrm{K}\, d\sigma' + \mathrm{N};$$

μ est la densité électrique en un point M de la surface du conducteur; l'intégration est étendue aux divers éléments $d\sigma'$ de cette surface; μ' est la densité électrique au centre de gravité M' de l'élément $d\sigma'$; K est le *noyau;* c'est une fonction des coordonnées de M et de M' dont j'ai montré, dans la Note citée, le mode de formation ; enfin, N est la composante, normale au conducteur, du champ électrique dû aux actions extérieures.

Je vais traiter le cas où le conducteur est une sphère de centre O et de rayon ρ, très grand par rapport à la longueur d'onde, et où les actions extérieures se réduisent à celle d'un excitateur unique placé en un point S, à une distance D du centre O. Nous supposerons une oscillation isochrone, de sorte que toutes nos quantités seront proportionnelles à l'exponentielle imaginaire $e^{i\omega t}$; on trouve alors aisément

$$(2)\qquad 4\pi\mathrm{N} = e^{i\omega(t-r)}\left[\frac{i\omega}{r}\sin\theta\sin\xi + \left(\frac{1}{r^2} + \frac{1}{i\omega r^3}\right)(\sin\theta\sin\xi + 2\cos\theta\cos\xi)\right];$$

dans cette formule, r est la distance SM, tandis que θ, φ et $\pi - \xi$ représentent les angles S, O et M du triangle SOM. On peut, en général, si ω est grand et que r ne soit pas très petit, se borner au premier terme de la parenthèse.

Nous allons développer N en une série de polynomes de Legendre et écrire

$$(3)\qquad N=\sum K_n P_n, \qquad \int_0^\pi P_n N \sin\varphi \, d\varphi = \frac{2K_n}{2n+1}.$$

Il est aisé de voir que K_n dépend de ρ et est de la forme

$$K_n = \frac{A_n J_n(\omega\rho)}{\rho^2},$$

A_n étant une constante indépendante de ρ, tandis que J_n est une fonction analogue aux fonctions de Bessel et qu'on peut définir de la façon suivante. Soit l'équation

$$(4)\qquad \frac{d^2 y}{dx^2} + y\left[1 - \frac{n(n+1)}{x^2}\right] = 0.$$

Parmi les intégrales de cette équation, nous distinguerons celle qui reste holomorphe pour $x=0$ et que nous appellerons J_n, et celle qui pour x très grand est sensiblement égale à e^{-ix} et que nous appellerons I_n. J'achèverai de définir ces deux intégrales par la relation

$$(5)\qquad I'_n J_n - J'_n I_n = 1,$$

I'_n étant la dérivée de I_n par rapport à x. L'étude de l'équation de Fredholm donne alors facilement, A étant un coefficient constant,

$$(6)\qquad \mu = A\sum \frac{K_n P_n}{I'_n(\omega\rho) J_n(\omega\rho)}.$$

Pour pousser plus loin le calcul, il faut s'appuyer sur ce fait essentiel que ω est très grand, ce qui permet de remplacer les intégrales par leur valeur approchée de la façon suivante. L'intégrale

$$\int \eta e^{i\omega\theta} dx,$$

où θ et ρ sont deux fonctions de x, a pour valeur approchée

$$\eta e^{i\omega\theta} \sqrt{\frac{2\pi}{\omega\theta''}} e^{\pm i\frac{\pi}{4}},$$

où l'on a donné à x la valeur qui correspond au maximum ou au minimum de θ et où θ'' est la dérivée seconde de θ. Grâce à cette formule, on trouve pour la valeur approchée du polynome de Legendre $P_n(\cos\varphi)$, où n est

très grand et où $\sin\varphi$ n'est pas très petit,

$$(7)\qquad P_n = 2\sqrt{\frac{2\pi}{n\sin\varphi}}\cos\left(n\varphi + \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{4}\right).$$

Nous avons besoin également de l'expression approchée de J_n et de I_n quand, l'argument x étant très grand, le nombre n est très grand également; mais deux cas sont à distinguer, suivant que n est plus grand ou plus petit que x; si $n < x$, on trouve

$$(8)\qquad I'_n J_n = e^{i\eta}\cos\eta,$$

où η est l'angle défini par l'équation

$$\eta = (n+1)\frac{\pi}{2} - x\cos\xi - \left(n + \frac{1}{2}\right)\xi,$$

ξ étant l'angle aigu, tel que $n = x\sin\xi$.

Si $n > x$, on trouve simplement

$$(8\ bis)\qquad I'_n J_n = \frac{1}{2}.$$

Une distinction analogue doit être faite dans le calcul de K_n; si $n < \omega\rho$, on a

$$(9)\qquad K_n = \frac{2n+1}{8\pi\sqrt{n}}\left[e^{i\left(n\varphi - \omega r + \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{2}\right)} + e^{i\left(n\varphi' - \omega r' + \frac{\varphi'}{2}\right)}\right]\frac{i\omega\sin\theta\sin\xi}{\sqrt{D\rho\cos\theta\cos\xi}}\sqrt{\frac{\sin\theta}{\omega\rho}},$$

dont je vais expliquer la signification. Nous poserons

$$n = \omega\rho\sin\xi,$$

et nous chercherons à construire un triangle SOM, ayant pour côtés $SO = D$, $OM = \rho$ et l'angle M égal à ξ, ou à $\pi - \xi$. Nous pouvons en construire deux; pour le premier, où l'angle M est obtus, le côté SM sera égal à r, l'angle O à φ, l'angle M à $\pi - \xi$, et l'angle S à θ; pour le second, où l'angle M est aigu, le côté SM sera égal à r', l'angle O à φ', l'angle M à ξ, enfin l'angle S à θ, même valeur que pour le premier triangle.

Si l'on compare les deux exponentielles imaginaires qui figurent dans le second membre de (9), on voit que la différence de leurs exposants est égale à $2i\eta$, η étant l'angle défini plus haut.

Si $n > \omega\rho$, l'angle ξ est imaginaire, et il en est de même des deux triangles SOM définis plus haut et, par conséquent, des valeurs de φ et de φ'; on peut alors hésiter entre les deux valeurs imaginaires de φ; on peut

encore, lorsque $\sin\xi > \frac{D}{\rho}$ ou $n > \omega D$, hésiter sur le signe à attribuer à r et, par conséquent, hésiter non plus entre deux, mais entre quatre valeurs de φ. Celle que nous appellerons φ sera celle dont la partie imaginaire est positive et dont le module est le plus petit; on trouve alors

$$(9\ bis)\qquad K_n = \frac{2n+1}{8\pi\sqrt{n}} e^{i\left(n\varphi - \omega r + \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{2}\right)} \frac{i\omega \sin\theta \sin\xi}{\sqrt{D\rho\cos\theta\cos\xi}} \sqrt{\frac{\sin\theta}{\omega\rho}}.$$

En comparant les expressions (8) et (9) aux expressions (8 *bis*) et (9 *bis*), on voit que dans les deux cas on arrive au même résultat :

$$(10)\qquad \frac{K_n}{I'_n J_n} = \frac{2n+1}{4\pi\sqrt{n}} e^{i\alpha} \frac{i\omega\sin\theta\sin\xi}{\sqrt{D\rho\cos\theta\cos\xi}} \sqrt{\frac{\sin\theta}{\omega\rho}},$$

en posant pour abréger

$$\alpha = n\varphi - \omega r + \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{2}.$$

La formule (6) nous donne alors

$$(11)\qquad \mu = A\sum \frac{2n+1}{4\pi\sqrt{n}} P_n e^{i\alpha} \frac{i\omega\sin\theta\sin\xi}{\sqrt{D\rho\cos\theta\cos\xi}} \sqrt{\frac{\sin\theta}{\omega\rho}}.$$

Il reste à sommer la série (11).

Le cas qui nous intéresse est celui où la source est très près de la sphère, et où D est très voisin de ρ; dans ce cas, pour $\sin\xi = 1$, $\cos\theta$ est très petit; je supposerai néanmoins que $\omega\cos\theta$ est encore assez grand. Dans ce cas, on peut prendre

$$r = \varphi = 0,\qquad \alpha = -\frac{\pi}{2},\qquad e^{i\alpha} = -i.$$

Nous pouvons, dans le numérateur $2n+1$ de l'expression (11), négliger 1 devant $2n$.

Nous pouvons prendre le rayon ρ de la sphère comme unité de longueur et, comme D est à peu près égal à ρ, faire $D = \rho = 1$. Nous avons d'autre part, d'après la formule (7),

$$P_n = 2\sqrt{\frac{2\pi}{n\sin\psi}} \cos\left(n\psi + \frac{\psi}{2} - \frac{\pi}{4}\right),$$

où Q est le point où l'on observe la densité μ, et où ψ est l'angle SOQ. La formule (11) devient alors

$$(12)\qquad \mu = A\sqrt{\frac{2}{\pi}} \sum \frac{1}{\sqrt{\sin\psi}} \cos\left(n\psi + \frac{\psi}{2} - \frac{\pi}{4}\right) \frac{\sqrt{\omega}\sin\xi\sin\theta\sqrt{\sin\theta}}{\sqrt{\cos\theta\cos\xi}}.$$

La série (12) peut être remplacée par une intégrale qui la représente avec une approximation suffisante. Pour cela nous devons poser $n = \omega z$, d'où

$$\sin\xi = z, \qquad \sin\theta = \frac{z}{D}, \qquad \cos\xi = \sqrt{1 - z^2}, \qquad \cos\theta = \sqrt{1 - \frac{z^2}{D^2}}.$$

Comme D est très voisin de $\rho = 1$, nous pourrons remplacer $\sin\theta$ par $z = \sin\xi$; mais nous ne pouvons pas égaler $\cos\theta$ à $\cos\xi$, parce que les valeurs de z qui joueront le rôle plus important sont celles qui sont voisines de 1, pour lesquelles le rapport de $\cos\theta$ à $\cos\xi$, loin d'être voisin de 1, peut prendre toutes les valeurs possibles.

Les valeurs de n correspondant à deux termes consécutifs de la série diffèrent de 1; les valeurs correspondantes de z différeront de $\Delta z = \frac{1}{\omega}$; je puis donc remplacer 1 par $\omega\,\Delta z$; et j'ai alors, en passant de la série à l'intégrale,

$$(13) \qquad \mu = A\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int \frac{1}{\sqrt{\sin\psi}}\cos\left(n\psi + \frac{\psi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)\frac{\sqrt{\omega}\, z^{2+\frac{1}{2}}}{\sqrt[4]{(1-z^2)\left(1-\frac{z^2}{D^2}\right)}}\,\omega\, dz.$$

Cette intégrale peut être décomposée en deux parties, en remplaçant le cosinus par la somme de deux exponentielles imaginaires. La première partie où figure l'exponentielle

$$e^{i\left(n\psi + \frac{\psi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)}$$

est négligeable vis-à-vis de la seconde, qui s'écrit

$$\frac{A}{\sqrt{2\pi}}\int \frac{\omega\sqrt{\omega}\, dz}{\sqrt{\sin\psi}}\, e^{-i\left(n\psi + \frac{\psi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)}\frac{z^{2+\frac{1}{2}}}{\sqrt[4]{(1-z^2)\left(1-\frac{z^2}{D^2}\right)}}.$$

Comme n et ω sont très grands, nous pouvons appliquer à cette intégrale les règles que nous avons expliquées plus haut pour en calculer une valeur approchée; et nous voyons ainsi que nous n'avons à tenir compte que des valeurs de z voisines de 1 ou voisines de D qui annulent le dénominateur. Si $D - 1$ est très petit, mais de telle façon que $(D - 1)\omega$ soit encore assez grand, il suffira d'envisager celles qui sont voisines de 1, et l'on trouvera ainsi, puisque $z = 1$, $n = \omega$,

$$(14) \qquad \mu = B\frac{e^{-i\left(\omega\psi + \frac{\psi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)}}{\sqrt{\sin\psi}}\,\frac{\omega^{\frac{3}{4}}}{\sqrt[4]{1 - \frac{1}{D^2}}},$$

B étant un coefficient numérique. Si l'on tenait compte des valeurs voisines de D, on ne ferait que changer la valeur de ce coefficient sans l'annuler. On voit que le rapport $\frac{\mu}{N}$ est de l'ordre de

$$\frac{1}{\sqrt[4]{\omega}\sqrt[4]{1-\frac{1}{D^2}}},$$

où le premier facteur du dénominateur est d'autant plus petit que la longueur d'onde est plus grande, et le second facteur d'autant plus petit que la source est plus rapprochée de la surface de la sphère.

Ces considérations sont peut-être de nature à mieux faire comprendre les étonnants effets de diffraction obtenus en télégraphie sans fil à grande distance.

ÉLECTRICITÉ. — *Formules extrêmement simples relatives au coefficient de self-induction et à la constante du temps d'une bobine très longue.* Note de M. **Marcel Deprez.**

On sait que le coefficient de self-induction $\mathcal{L}$ d'une bobine dont la longueur est très grande par rapport à son diamètre est donné avec une exactitude suffisante par la formule classique $\mathcal{L} = 4\pi n_1^2 S a$, dans laquelle on désigne par : n_1 le nombre de spires par centimètre de longueur de la bobine; S la surface du cercle embrassé par la spire moyenne; a la longueur de la bobine.

Je crois utile de faire connaître une formule beaucoup plus simple que j'ai donnée pour la première fois, il y a plusieurs années, dans mon *Cours d'Électricité industrielle du Conservatoire des Arts et Métiers* (1). Des transformations algébriques tellement simples que je crois inutile de les transcrire ici permettront de ramener l'expression ci-dessus à cette autre qui lui est rigoureusement équivalente : $\mathcal{L} = \frac{L^2}{a}$, dans laquelle L représente la longueur totale du fil enroulé sur la bobine.

Par les mêmes procédés de calcul et tout aussi simplement, j'ai démontré, en même temps que la formule ci-dessus, que la *constante du temps* $\frac{\mathcal{L}}{R}$ a

(1) Leçon du 30 novembre 1901.

pour valeur $\frac{\mathcal{L}}{R} = \frac{k}{\rho} S'$, dans laquelle on désigne par k le rapport de la section métallique du fil à celle du carré circonscrit au fil recouvert d'isolant, par ρ la résistivité du fil, et par S' la surface de la zone annulaire occupée sur les joues de la bobine par le fil enroulé recouvert de son isolant.

PARASITOLOGIE. — *Au sujet de* Trypanosoma Pecaudi, *de* Tr. dimorphon *et de* Tr. congolense. Note de M. **A. Laveran.**

Dans une série de travaux antérieurs [1], j'ai montré que *Trypanosoma Pecaudi, Tr. dimorphon* et *Tr. congolense,* qui sont les agents de trypanosomiases animales très répandues dans l'Afrique intertropicale, appartenaient à trois espèces distinctes. J'ai signalé notamment les faits suivants : 1° des animaux guéris de l'infection produite par *Tr. Pecaudi* et ayant une immunité solide pour cette trypanosomiase s'infectent par *Tr. dimorphon* comme des animaux neufs; 2° des animaux guéris de l'infection produite par *Tr. congolense* et ayant acquis une immunité solide pour cette trypanosomiase s'infectent par *Tr. dimorphon* comme des animaux neufs.

Je n'avais pas pu faire encore la contre-épreuve de ces expériences, parce que je n'avais pas réussi à me procurer des animaux ayant l'immunité pour *Tr. dimorphon.* On verra par l'observation II de cette Note que cette contre-épreuve a pu être réalisée, chez un mouton, pour *Tr. dimorphon* et *Tr. congolense.*

Le mouton qui fait l'objet de l'observation I avait acquis une immunité solide pour *Tr. Pecaudi* quand il a été inoculé de *Tr. dimorphon.* Dans ce cas, l'immunité pour *Tr. dimorphon* n'a pas encore été obtenue.

Je résumerai rapidement les commencements des observations I et II, qui ont été publiés déjà [2].

I. Un mouton du poids de 30^{kg} est inoculé avec *Tr. Pecaudi* le 3 septembre 1906. L'inoculation est faite sous la peau, à la base d'une des oreilles, avec le sang d'un cobaye fortement infecté. L'examen direct du sang du mouton fait à différentes reprises, du 1er octobre 1906 au 1er mars 1907, est négatif, mais des rats, des souris et des chiens inoculés avec le sang du mouton s'infectent. Le mouton ne paraît pas malade; il pèse le 4 mars 44^{kg}.

---

(1) A. Laveran, *Comptes rendus*, 4 février 1907, 21 avril et 31 août 1908, et *Annales de l'Institut Pasteur,* mai 1907 et novembre 1908.

(2) A. Laveran, *Sur les trypanosomiases du Haut-Niger* (*Annales de l'Institut Pasteur,* mai 1907), observ. II et III du Chapitre *Baleri.*

Un chien qui a reçu, le 9 mars, 30$^{cm^3}$ du sang du mouton ne s'infecte pas.

Le 9 avril 1907, le mouton est réinoculé avec *Tr. Pecaudi* sur un cobaye.

24 avril. Un chien reçoit dans le péritoine 30$^{cm^3}$ du sang du mouton; il ne s'infecte pas. Le mouton est donc guéri de l'infection produite par *Tr. Pecaudi* et il a acquis l'immunité pour ce virus.

26 juin 1907. Le mouton qui va très bien (poids 50^{kg}) est inoculé sous la peau, à la base d'une des oreilles, avec le sang d'une souris fortement infectée par *Tr. dimorphon*.

L'examen direct du sang du mouton fait à différentes reprises, du 11 juillet au 31 août, ne révèle qu'une fois l'existence de trypanosomes rares, à la date du 4 août. Des souris inoculées les 11 juillet, 23 août, 23 septembre, 7 novembre et 23 décembre 1907 s'infectent. On inocule chaque fois trois souris et chaque souris reçoit, dans le péritoine, un quart de centimètre cube du sang du mouton.

7 février 1908. Trois souris inoculées sur le mouton ne s'infectent pas, mais un chien, qui reçoit, le 8 avril, 30$^{cm^3}$ de sang du mouton dans le péritoine, s'infecte.

9 juin 1908. Un chien reçoit dans le péritoine 30$^{cm^3}$ du sang du mouton; il ne s'infecte pas.

Le mouton peut être considéré comme guéri de l'infection produite par *Tr. dimorphon*. Au cours de cette infection, le mouton n'a pas présenté de symptômes morbides, il a continué à augmenter de poids; au mois de janvier 1908, il pèse 60^{kg} et, au mois de juin, 73^{kg}.

24 juillet 1908. Le mouton est réinoculé de *Tr. dimorphon* avec le virus qui a servi à l'inoculation la première fois (sang d'une souris ayant de nombreux trypanosomes).

27 août. Un chien reçoit dans le péritoine 30$^{cm^3}$ du sang du mouton, il s'infecte; le mouton n'avait donc pas l'immunité pour *Tr. dimorphon*.

3 septembre. Le mouton pèse 75^{kg}.

28 septembre. Un chien reçoit, dans le péritoine, 30$^{cm^3}$ du sang du mouton; il ne s'infecte pas. La réinfection a donc été très légère.

Le mouton pèse, le 15 octobre, 74^{kg} et, le 16 novembre, 70^{kg}.

19 novembre 1908. Le mouton est réinoculé pour la deuxième fois avec *Tr. dimorphon*.

5 décembre. Un chien reçoit, dans le péritoine, 30$^{cm^3}$ du sang du mouton; il s'infecte.

16 janvier 1909. Le mouton pèse 79^{kg}.

20 janvier. Un chien reçoit, dans le péritoine, 30$^{cm^3}$ du sang du mouton; il s'infecte.

2 mars. Le mouton pèse 76^{kg}. La laine tombe par places, il ne paraît pas exister de parasites.

8 mars. Un chien reçoit, dans le péritoine, 30$^{cm^3}$ du sang du mouton; le chien ne s'est pas infecté à la date du 29 mars 1909.

II. Un mouton, inoculé le 8 mars 1906 à Ségou avec le trypanosome que j'ai décrit postérieurement sous le nom de *Tr. Pecaudi*, est ramené en France par M. Cazalbou et m'est remis le 3 mai 1906.

L'examen direct du sang du mouton est négatif, mais deux cobayes et deux souris inoculés le 6 mai s'infectent.

16 juillet. Deux cobayes et deux souris inoculés sur le mouton ne s'infectent pas.

3 août 1906. Un chien reçoit, dans le péritoine, 30^{cm^3} du sang du mouton; il ne s'infecte pas.

8 septembre. Le mouton est réinoculé sur un cobaye fortement infecté de *Tr. Pecaudi.*

24 septembre. Un chien reçoit, dans le péritoine, 30^{cm^3} du sang du mouton; il ne s'infecte pas.

Le mouton est donc guéri de son infection par *Tr. Pecaudi* et il a l'immunité pour ce virus; il est en très bon état. Le poids qui, le 19 juin, était de 23^{kg}, est, le 16 octobre, de 29^{kg}.

3 novembre 1906. J'inocule le mouton avec le *Tr. dimorphon.*

18 novembre. L'examen histologique du sang du mouton est négatif, mais trois souris inoculées le 20 novembre, chacune avec un quart de centimètre cube du sang du mouton, s'infectent.

De décembre 1906 à mai 1908, des animaux (souris, cobayes, chiens), inoculés presque chaque mois sur le mouton, s'infectent. Le mouton se porte d'ailleurs très bien : le 15 janvier 1907, il pèse 30^{kg}; le 16 janvier 1908, 35^{kg}; le 1er mai, 39^{kg} ; le 15 juin, 43^{kg}.

17 juin 1908. Un chien reçoit, dans le péritoine, 30^{cm^3} du sang du mouton; il ne s'infecte pas.

24 juillet. Le mouton est réinoculé avec le *Tr. dimorphon* sur une souris ayant de nombreux trypanosomes.

26 août. Un chien reçoit, dans le péritoine, 30^{cm^3} du sang du mouton; il ne s'infecte pas.

29 septembre. Le mouton est réinoculé pour la seconde fois avec du sang très riche en *Tr. dimorphon.*

15 octobre. Un chien reçoit dans le péritoine 30^{cm^3} du sang du mouton; il ne s'infecte pas.

16 décembre 1908. Les chiens inoculés les 17 juin, 26 août et 15 octobre ne se sont pas infectés; il paraît évident que le mouton est guéri de l'infection produite par *Tr. dimorphon* et qu'il a acquis l'immunité pour ce virus. Le mouton pèse 46^{kg}; il est inoculé avec le *Tr. congolense.* L'inoculation est faite sous la peau, à la base d'une des oreilles, avec du sang de cobaye riche en *Tr. congolense.*

31 décembre. L'examen du sang du mouton révèle l'existence de trypanosomes très rares. Trois souris inoculées avec le sang du mouton (un quart de centimètre cube de sang à chaque souris) s'infectent. La température s'élève à 39°,5 les 27 et 30 décembre.

Les 2, 4, 6, 8, 11 et 12 janvier 1909, poussées fébriles bien marquées; la température atteint 41° le 6 janvier et 41°,3 le 12. L'existence des trypanosomes est constatée directement dans le sang du mouton les 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14 janvier.

16 janvier. Le mouton pèse 42^{kg}.

Les 20 et 24 janvier, poussées fébriles moins fortes que les premières; le 24, la température s'élève à 40°,4. Le 20, l'examen direct du sang frais du mouton révèle l'existence de trypanosomes non rares et, le 24, de trypanosomes très rares.

A partir du 25 janvier les poussées fébriles s'espacent et deviennent moins fortes; l'examen du sang est souvent négatif. Des poussées fébriles sont notées les 7, 20 et 27 février et le 14 mars. L'examen du sang, au point de vue de la présence des trypano-

somes, est positif les 2, 20 et 25 février, 3 et 7 mars, et négatif les 7, 11, 15, 21 et 27 février, 10, 13 et 18 mars. Le mouton supporte très bien l'infection; il maigrit à peine. Les 1er et 15 février il pèse 41kg et le 3 mars 40kg,500. Le 15 mars le poids remonte à 41kg,500.

En résumé, deux moutons inoculés avec *Trypanosoma Pecaudi* se sont infectés; au bout de 6 et 5 mois ils étaient guéris et ils avaient acquis, pour ce virus, une solide immunité. Inoculés alors avec *Tr. dimorphon*, les deux moutons se sont infectés comme des animaux neufs; l'infection par ce nouveau virus a duré 11 mois chez l'un, 19 mois chez l'autre. L'un des moutons, après guérison, n'avait pas acquis l'immunité pour *Tr. dimorphon;* deux réinoculations faites avec ce trypanosome ont produit des récidives d'ailleurs légères; l'autre mouton, après guérison de l'infection produite par *Tr. dimorphon*, a montré au contraire une immunité solide pour ce virus, deux réinoculations sont restées sans effet; inoculé alors avec *Tr. congolense*, ce mouton a contracté une infection grave qui persiste au bout de 3 mois.

De ces faits, comme de ceux que j'ai publiés antérieurement, on doit conclure que *Tr. Pecaudi*, *Tr. dimorphon* et *Tr. congolense* appartiennent à des espèces bien distinctes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de *Lord Kelvin*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 56,

S. A. S. Albert Ier, prince de Monaco, obtient.......	51 suffrages
Lord Rayleigh »	3 »

Il y a 2 bulletins blancs.

S. A. S. Albert Ier, prince de Monaco, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamée élue.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant dans la Section de Botanique, en remplacement de M. *Masters*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 49,

M. Boudier	obtient..........	48 suffrages
M. Battandier	»	1 suffrage

M. **Boudier**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de Mécanique analytique et Mécanique céleste du Collège de France.

(Renvoi à une Commission composée des Sections de Géométrie, Mécanique et Astronomie et du Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.)

Le Recteur magnifique de l'Université catholique de Louvain invite l'Académie à se faire représenter aux solennités académiques destinées à commémorer le soixante-quinzième anniversaire de sa restauration, les 9, 10 et 11 mai prochain.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

Transmission automatique de l'heure de l'Observatoire de Besançon à l'Hôtel de Ville, à l'Université, au domicile des fabricants d'horlogerie, etc., par M. A. Sallet.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certains systèmes cycliques.* Note de M. G. **Tzitzéica**.

On sait que les cercles d'un système cyclique habituel, considéré par Ribaucour et M. Darboux, se trouvent dans les plans tangents d'une surface. Les derniers résultats si intéressants de M. Darboux et de M. Demoulin,

sur les familles de Lamé composées de cyclides de Dupin, prouvent qu'il y a aussi des systèmes cycliques dont les cercles sont situés dans les plans tangents d'une courbe. Il est naturel alors de se poser le problème de la recherche de tous ces systèmes cycliques particuliers. Le résultat final est qu'il n'y a que ceux qui interviennent dans le problème de M. Darboux.

A part l'intérêt qu'il y a de constater qu'un problème singulier des systèmes cycliques conduit à une famille de Lamé remarquable, le calcul met encore en évidence certaines analogies entre ces systèmes cycliques et ceux de Ribaucour, à savoir : si l'on déforme la courbe par rapport à laquelle on a défini le système cyclique, de manière que la longueur de l'arc et la courbure restent invariables, le système cyclique initial devient, comme l'a remarqué M. Darboux, pour la courbe déformée aussi un système cyclique, ou encore mieux, si l'on a un tel système cyclique défini par rapport à une courbe C et que l'on considère une courbe Γ ayant, aux points qui correspondent à la même longueur de l'arc, la même courbure; enfin, si l'on fait rouler la courbe C sans glisser sur la courbe Γ, dans le sens donné à cette opération par M. Kœnigs (*Cinématique*, p. 210), alors le système cyclique considéré devient un autre système cyclique par rapport à la nouvelle courbe.

Je vais indiquer en quelques mots la méthode que j'ai suivie. Je définis tout d'abord le plan tangent de la courbe par son angle v avec le plan osculateur. Dans ce plan tangent je prends pour axes rectangulaires la tangente à la courbe et la perpendiculaire à cette tangente menée au point de contact. Par rapport à ces axes, je désigne par a, b, R les coordonnées du centre et le rayon du cercle ; ces trois quantités sont des fonctions de l'arc u de la courbe et de l'angle v. Si l'on exprime maintenant les coordonnées d'un point du cercle par rapport aux axes fixes à l'aide d'un paramètre t variable sur le cercle et si l'on écrit que la congruence de cercles admet une famille de surfaces orthogonales, on trouve les relations

$$R\frac{\partial R}{\partial v} - a\frac{\partial a}{\partial v} - b\frac{\partial b}{\partial v} = 0, \qquad R\frac{\partial R}{\partial u} - a\frac{\partial a}{\partial u} - b\frac{\partial b}{\partial u} = a,$$

et une troisième qui se réduit, à cause des précédentes, à

$$(1) \qquad R^2\frac{\sin v}{\rho} = \frac{\partial b}{\partial v}\left(1 + \frac{\partial a}{\partial u} - b\frac{\cos v}{\rho}\right),$$

où ρ est le rayon de courbure de la courbe fixe.

Les deux premières relations donnent

$$(2) \qquad R^2 - a^2 - b^2 = 2\varphi(u), \qquad a = \varphi'(u)$$

et la dernière s'intègre alors par rapport à b. Son intégrale générale est de la forme

$$b = \alpha \cos v \pm \sqrt{\beta \cos^2 v + \gamma}, \tag{3}$$

α, β, γ étant des fonctions seulement de u.

L'équation (1) prouve que le système cyclique ne dépend que du rayon de courbure de la courbe considérée.

Les équations (2) montrent que les cercles qui correspondent à un point donné de la courbe coupent la tangente menée en ce point en deux points fixes. Enfin, à l'aide de (3), on met en évidence que tous ces cercles forment une cyclide de Dupin.

La famille de cyclides qui correspond à tous les points de la courbe est une des familles de Lamé, qui admet les cercles du système cyclique pour lignes de courbure.

Il résulte encore de ce qui précède que l'une des surfaces focales de la congruence cyclique formée par les arcs de cercle du système précédent est coupée par une famille simplement infinie de plans suivant des coniques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un principe général d'uniformisation.* Note de M. **Paul Koebe**, présentée par M. H. Poincaré.

Le problème de l'uniformisation d'une *fonction analytique quelconque* au sens le plus général du mot s'énonce ainsi :

Étant donnée une fonction analytique quelconque $y(x)$, on cherche une variable t, définie comme fonction analytique sur la surface de Riemann F *de la fonction $y(x)$, de sorte que $x(t)$ et $y(t)$ deviennent des fonctions analytiques uniformes de la variable t.*

Le problème de l'uniformisation d'une *fonction algébrique quelconque* apparaissait dans un rapport organique avec la théorie des fonctions automorphes, présentée par MM. Klein et Poincaré dans leurs travaux bien connus (1881-1884). Cette grande théorie avait été préparée essentiellement par la théorie des fonctions elliptiques et par les travaux de Riemann, Schwarz, L. Fuchs, Schottky, qui avaient considéré des exemples classiques de fonctions automorphes.

C'est M. Poincaré qui, dans un travail extrêmement remarquable *Sur un théorème de la théorie générale des fonctions* (*Bull. de la Soc. math. de*

France, t. XI, 1883), a le premier orienté le problème de l'uniformisation dans la voie des *fonctions analytiques quelconques*. Ce travail a déterminé l'évolution la plus récente sur le problème de l'uniformisation, grâce à laquelle l'idée exposée la première fois dans le travail cité a reçu son plein développement et a ouvert des perspectives nouvelles.

Soit t une variable uniformisante quelconque adjointe à la fonction donnée $y(x)$ ou à la surface de Riemann de la fonction $y(x)$. Il existe alors une surface de Riemann Φ de la fonction $t(x, y)$ [c'est-à-dire de la variable t, considérée comme fonction sur la surface de Riemann F ou du point variable (x, y) de la courbe analytique (x, y), qui est définie par la fonction $y(x)$]. Nous considérons cette surface Φ comme une surface construite relativement à la surface F. Par la fonction $t(x, y)$ la surface Φ est transformée univoquement et conformément à une certaine aire plane F, qui est une surface à un feuillet et d'une CONNEXION EN GÉNÉRAL INFINIE.

Donc le problème de l'uniformisation de la courbe donnée $y(x)$ se décompose en deux problèmes différents l'un de l'autre. Le premier est un *problème de l'Analysis situs;* le deuxième est un *problème de la transformation conforme*.

Le problème de l'*Analysis situs* demande la construction d'une surface de Riemann relativement à la surface F, surface de Riemann de la fonction donnée $y(x)$, de sorte que cette surface Φ au sens de l'*Analysis situs* soit équivalente à une surface de Riemann à un feuillet. Ce problème permet, comme on voit aisément, une infinité de solutions particulières, qui diffèrent par le degré de vigueur uniformisante de la variable t provenant de la surface Φ; on peut remarquer en effet qu'une telle variable t n'uniformise pas seulement la fonction $y(x)$, mais aussi une foule d'autres fonctions $z(x, y)$ de la variable x existant sur la surface F.

Le deuxième problème demande la démonstration du théorème suivant :

UN PRINCIPE GÉNÉRAL DE TRANSFORMATION CONFORME. — *Étant donnée une surface de Riemann (ou une surface quelconque de l'espace), qui au sens de l'Analysis situs est équivalente à une surface de Riemann à un feuillet seul d'une* CONNEXION FINIE OU INFINIE, *il existe alors une transformation conforme et univoque de la surface donnée à une surface de Riemann à un feuillet.*

En s'appuyant sur ce théorème et la remarque faite à propos du problème de l'*Analysis situs,* on obtient le théorème suivant :

UN PRINCIPE GÉNÉRAL D'UNIFORMISATION. — *Toute uniformisation d'une*

fonction analytique donnée, qui apparaît comme possible considérée du point de vue de l'Analysis situs, peut aussi être réalisée au sens de la théorie des fonctions analytiques.

Dans un travail *Ueber die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven (Dritte Mitteilung)*, publié dans les *Göttinger Nachrichten*, 1908 [1], j'ai communiqué deux méthodes de démonstration du principe général énoncé. Un point caractéristique de ces deux méthodes est l'emploi d'un théorème

---

[1] Je profite de cette occasion pour citer mes travaux sur l'uniformisation et la transformation conforme, qui ont entre eux un rapport étroit; je les numérote pour pouvoir les citer plus facilement :

I. *Ueber konforme Abbildung mehrfachzusammenhängender ebener Bereiche, insbesondere solcher Bereiche, deren Begrenzung von Kreisen gebildet wird.* Conférence faite à Méran, septembre 1905. (*Jahresbericht der deutschen Mathematikervereinigung,* 1906.)

II. *Ueber konforme Abbildung mehrfachzusammenhängender ebener Bereiche.* Conférence faite à Stuttgart, septembre 1906. (*Jahresbericht der deutschen Mathematikervereinigung,* 1907.)

III. *Ueber die Uniformisierung reeller algebraischer Kurven* (*Gött. Nachr.,* 9 mars 1907).

IV. *Ueber die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven* (*Gött. Nachr.,* 12 mai 1907).

V. *Zur Uniformisierung der algebraischen Kurven* (*Gött. Nachr.,* 6 juillet 1907).

VI. *Ueber die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven. Zweite Mitteilung.* (*Gött. Nachr.,* 23 novembre 1907.)

VII. *Ueber die Uniformisierung der algebraischen Kurven. Imaginäre Substitutionsgruppen. Voranzeige. Mitteilung eines Grenzübergangs durch iterierendes Verfahren* (*Gött. Nachr.,* 22 février 1908).

VIII. *Ueber ein allgemeines Uniformisierungsprinzip.* Communication faite au Congrès international de Mathématiques, Rome, avril 1908.

IX. *Ueber die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven. Dritte Mitteilung.* (*Gött. Nachr.,* 11 juillet 1908.)

X. *Konforme Abbildung der Oberfläche einer von endlich vielen regulären analytischen Flächenstücken gebildeten körperlichen Ecke auf die schlichte ebene Fläche eines Kreises* (*Gött. Nachr.,* 19 décembre 1908).

XI. *Ueber die Uniformisierung der algebraischen Kurven durch automorphe Funktionen mit imaginärer Substitutionsgruppe* (*Gött. Nachr.,* 20 février 1909).

Je veux encore citer un Mémoire de moi qui paraîtra bientôt dans les *Mathematische Annalen :*

XII. *Ueber die Uniformisierung der algebraischen Kurven durch automorphe Funktionen mit lauter reellen Substitutionen* (*Math. Ann.,* Bd. LXVII, 1909).

général de convergence sur les fonctions analytiques, théorème analogue à un théorème sur les fonctions continues dû à M. Hilbert et appliqué par lui avec tant de succès dans son Mémoire bien connu, *Ueber das Dirichletsche Prinzip* et dans sa quatrième Note sur la théorie des équations intégrales.

Ce théorème auxiliaire s'énonce ainsi :

Si l'on a défini dans une aire quelconque (par exemple, surface de Riemann à une infinité de feuillets) une infinité de fonctions analytiques, dont chacune en particulier est uniforme dans l'aire et reste en valeur absolue au-dessous d'une quantité fixe finie μ, *indépendante de la fonction choisie, on peut former une série dénombrable de fonctions uniformément convergente en ne prenant que des fonctions de l'ensemble donné* (¹).

En m'appuyant sur ce théorème et quelques autres théorèmes nouveaux sur la transformation conforme, je démontre qu'il est possible de considérer la surface Φ donnée dans le principe énoncé plus haut comme une limite $\Phi = \lim_{n=\infty} \Phi_n$, de sorte que toute surface Φ_n est représentable sur une aire à un feuillet et que la série des fonctions qui donnent ces transformations conformes devienne uniformément convergente.

Telle est ma première méthode de démonstration du principe général énoncé. Je me borne à donner ici un court aperçu de cette méthode en laissant de côté la deuxième, qui donne une application de l'intéressante méthode de *gürtelförmige Verschmelzung* due à M. Schwarz.

Un cas spécial de la plus grande importance se présente si l'on suppose que l'aire T de la variable t soit d'une CONNEXION SIMPLE ou, quoique elle-même d'une connexion infinie, formée par deux demi-parties symétriques entre elles qui sont d'une connexion simple.

Ce sont ces deux cas, dans lesquels nous sommes conduits à des fonctions uniformisantes avec des substitutions toutes linéaires et réelles et à un groupe qui est destiné à jouer un rôle fondamental pour la fonction $y(x)$. Dans ces cas il s'agit essentiellement du théorème important suivant, démontré en même temps (1907) par M. Poincaré (²) et par l'auteur (³).

UN THÉORÈME GÉNÉRAL SUR LA TRANSFORMATION CONFORME DE SURFACE

(¹) *Cf.* IX.

(²) *Acta math.*, t. XXXI.

(³) *Cf.* le travail cité IV. *Cf.* V, § 1, et V, § 2, où je démontre un théorème supplémentaire.

D'UNE CONNEXION SIMPLE. — *Toute surface de Riemann (ou surface de l'espace) d'une connexion simple peut être transformée univoquement et conformément à une aire à un feuillet, dont le contour est formé ou par la circonférence d'un cercle fini ou par le point infini seul (c'est-à-dire la circonférence d'un cercle infini).*

SPECTROSCOPIE. — *Dispositif pour la mesure des très petits déplacements des raies spectrales.* Note (¹) de MM. **H. Buisson** et **Ch. Fabry**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Communication récente (*Comptes rendus,* 15 mars 1909, p. 688) nous avons exposé les résultats obtenus en comparant les raies du fer du spectre solaire avec celles de l'arc. Nous nous proposons de décrire le dispositif employé pour ces mesures. Les mêmes appareils peuvent être utilisés pour résoudre tous les problèmes qui comportent la mesure de très petits déplacements de raies (vitesses radiales sur le disque solaire; comparaison des longueurs d'onde au centre et au bord; champ magnétique solaire).

La méthode ordinairement employée consiste à faire des mesures micrométriques de position de raies dans un spectre très dispersé. Les mesures interférentielles, qui se prêtent bien à la mesure de petits déplacements, sont d'un emploi assez pénible lorsqu'il s'agit d'étudier un spectre riche en raies. Nous avons combiné un dispositif dont le principe a déjà été décrit (²), analogue à celui que nous avons employé pour la mesure des spectres d'arc (³), mais avec des appareils plus puissants.

L'appareil interférentiel est un système de deux surfaces planes argentées, maintenues au parallélisme. On emploie, selon les cas, un appareil à distance invariable (étalon de $2^{mm},5$, 5^{mm} ou 10^{mm}), ou un appareil à distance variable (interféromètre). Chaque radiation monochromatique qui traverse la lame d'air donne un système d'anneaux à l'infini; un objectif de 26^{cm} de foyer en projette l'image dans son plan focal. Un spectroscope sans astigmatisme placé ensuite sépare les aspects relatifs à chaque radiation; quand le spectre est à raies très nombreuses, la dispersion de ce spectroscope doit être très grande pour bien séparer les diverses raies. Celui que nous employons est à réseau plan de Rowland (568 traits par millimètre, 8^{cm} sur 5^{cm} de partie striée), du type autocollimateur, avec objectif de $3^{m},10$ de foyer. On fait

---

(¹) Présentée dans la séance du 22 mars 1909.
(²) *Comptes rendus,* 25 avril 1905.
(³) *Comptes rendus,* 16 juillet 1906.

défiler le spectre par simple rotation du réseau, au moyen de cordons que l'observateur a sous la main. Ce type de spectroscope est très commode et très peu encombrant; il tient tout entier sur une poutre de $3^m,50$ de long et $0^m,25$ de large. Un inconvénient provient de la lumière réfléchie par l'objectif, qui donne un fond lumineux dans le champ; on l'élimine facilement au moyen de petits écrans convenablement placés, qui ne diminuent pas sensiblement la surface utilisée du réseau. On peut observer soit visuellement, soit par photographie. Nous utilisons ordinairement le troisième spectre, ce qui donne une dispersion de $0^{mm},58$ par angström.

La fente du spectroscope est dans le plan focal de l'objectif qui projette les anneaux, suivant un diamètre de ceux-ci. Dans le cas d'un spectre à raies brillantes, chaque image de la fente est réduite à un certain nombre de points brillants, intersections de la fente avec les anneaux d'interférence produits par la radiation correspondante.

Dans le cas du spectre solaire, spectre continu traversé par des lignes noires, le phénomène est plus complexe. Si la fente est fine, on obtient un spectre cannelé à franges très serrées et légèrement courbes, parce que la différence de marche n'est pas la même pour tous les points de la fente; sur ce spectre cannelé apparaissent, rectilignes, les raies noires du spectre solaire. Si l'on donne à la fente une largeur convenable pour la région étudiée, les raies solaires restent visibles, mais chacune d'elles se montre sous forme d'une série de points noirs, symétriquement distribués par rapport au centre du système d'anneaux. Ces points noirs occupent la place qu'auraient les points brillants donnés par une raie brillante ayant la même longueur d'onde que la raie sombre. La distance de deux points correspondants donne le diamètre d'un anneau. La comparaison des diamètres d'anneaux obtenus dans deux cas successifs donne la variation de longueur d'onde.

Dans chaque cas, une image de la source est projetée sur l'appareil interférentiel, limité par un écran pour que la partie utilisée soit toujours la même. Pour le Soleil, cette image est produite par un objectif de 3^m de distance focale, après réflexion sur le miroir d'un héliostat. Le diaphragme étant beaucoup plus petit que l'image du Soleil, on utilise la partie qu'on veut du disque. Lorsqu'il s'agit de comparer le spectre solaire à un spectre d'arc, le basculement d'un miroir permet de passer d'une source à l'autre.

Lorsqu'on utilise la photographie, les mesures se font sur les clichés au moyen d'un comparateur. Dans le cas des observations visuelles, on fait des pointés en amenant successivement les points brillants ou sombres sur un fil fixe, par rotation de l'appareil interférentiel autour d'un axe horizontal; les angles sont mesurés en visant, avec une lentille fixe, l'image d'une échelle divisée dans un miroir lié à l'appareil interférentiel.

Entre les deux poses photographiques ou les deux observations visuelles, il faut éviter toute variation de l'étalon (¹). L'échauffement non uniforme des lames de verre de l'étalon par le rayonnement solaire peut leur donner une courbe momentanée, cause systématique d'erreur. Il faut réduire l'échauffement au minimum, en diaphragmant convenablement l'objectif qui projette l'image du Soleil, de manière à ne laisser tomber sur l'appareil interférentiel que la lumière réellement utilisée par le spectroscope. On peut aussi se servir de cuves absorbantes pour réduire beaucoup ces effets d'échauffement. Des lames de quartz, employées à la place des lames de verre, ne subissent presque aucune déformation à cause de leur transparence pour toutes les radiations du spectre solaire.

Lorsqu'il s'agit de comparaisons entre les raies solaires et celles de l'arc, il faut corriger les résultats du déplacement dû à la vitesse radiale de la Terre par rapport au Soleil (excentricité de l'orbite et rotation terrestre).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation hydrolytique du chlorure de bismuth.* Note de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Le Chatelier.

Je me suis proposé dans cette étude de rechercher les équilibres chimiques qui peuvent exister dans la décomposition du chlorure de bismuth par l'eau suivant la réaction classique

$$BiCl^3 + H^2O = BiOCl + 2HCl.$$

Si cette équation répond bien à la réalité des choses, trois constituants indépendants (bismuth, eau et acide chlorydrique) se trouvent partagés en deux phases distinctes; à pression constante, le système doit donc être divariant.

De plus, la Thermochimie nous apprend que la réaction écrite plus haut correspond à un dégagement de $7^{cal},830$ (Thomson, *Ber. chem. Ges.*, t. XVI, 1883, p. 39). D'après la loi du déplacement de l'équilibre, une élévation de température doit donc correspondre à une diminution dans le degré de dissociation.

Telles sont les prévisions théoriques que je me suis proposé de vérifier. Il importait, tout d'abord, de déterminer au bout de combien de temps l'équilibre était réalisé.

Pour cela, à des solutions limpides de chlorure de bismuth dans l'acide chlorhydrique, j'ajoutais de l'eau en quantité suffisante pour produire la précipitation de

(¹) Il y aurait grand avantage à ce que l'étalon fût en invar. Les nôtres sont en acier.

l'oxychlorure; je déterminais ensuite, au bout d'intervalles de temps variables, les quantités de chlore contenues dans 10^{cm^3} de solution filtrée.

Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

1° *A une température de* 18°.

Première série.

Après 3 jours	0^g,055
» 6 jours	0,056
» 15 jours	0,056

Deuxième série.

Après 3 jours	0^g,210
» 2 mois	0,209

2° *A une température de* 80°.

Après 12 heures	0,267
» 48 heures	0,269
» 8 jours	0,268

En outre, une solution limpide à 95° était abandonnée à 18°. L'oxychlorure se déposait et les taux de chlore observés étaient les suivants :

Après 40 minutes	0,213
» 24 heures	0,206
» 3 jours	0,201
» 5 jours	0,202

On peut donc regarder l'équilibre comme établi au bout de 3 jours à la température ordinaire et de 12 heures à 80°.

Ces faits étant établis, j'ai fait trois séries d'expériences aux températures de 18°, 80° et 85°. Dans la liqueur séparée par filtration de l'oxychlorure, je précipitais le bismuth par l'hydrogène sulfuré; après séparation du sulfure, je titrais l'acide chlorhydrique par alcalimétrie en présence de méthyle orange. Les résultats sont consignés dans les Tableaux suivants :

Tableau I. — *Température* 18°.

Bismuth dissous (¹).	0,943	0,261	0,237	0,062	0,039	0,016	0,011	0,0006
Chlore dissous	4,101	1,757	1,656	0,859	0,729	0,594	0,517	0,318

Tableau II. — *Température* 80°.

Bismuth dissous	1,643	0,330	0,251	0,168	0,081	0,018	0,0019
Chlore dissous	5,538	1,707	1,504	1,201	0,873	0,543	0,340

(¹) En atomes-grammes par litre.

TABLEAU III. — *Température* 85°.

Bismuth dissous	0,112	0,037
Chlore dissous	0,926	0,622

La représentation graphique des états d'équilibres conduit à une série de trois courbes parfaitement continues.

On est donc bien en présence d'un système divariant, ce qui prouve qu'il ne se produit qu'un seul oxychlorure.

De plus, comme il était prévu, le degré de dissociation diminue à mesure que la température s'élève, comme la forme des courbes permet de s'en rendre compte.

Je poursuis ces études, en étudiant en particulier les équilibres qui se produisent dans l'action de l'eau sur les divers sels halogénés du bismuth.

PHYSICO-CHIMIE. — *Calcul des poids moléculaires au moyen des densités de vapeurs. Cas du toluène.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

On a pu voir d'après ma dernière Note [1] que, si l'application de la méthode des volumes moléculaires a donné lieu à des mécomptes dans ces dernières années, cela tient à l'emploi de formules inexactes relatives à la compressibilité, et notamment de la formule de Van der Waals.

Celle-ci permet, en effet, de calculer z, et l'on trouve aisément

$$z' = 55{,}5\chi(\chi - 0{,}296), \tag{9}$$

formule beaucoup plus simple que la mienne, mais dont l'erreur dépasse 50 pour 100 pour $\chi = 1{,}6$ (SO^2 à 0°, par exemple), comme le montre le Tableau ci-après.

Les facteurs de réduction des densités normales aux densités limites, calculés au moyen de cette formule, peuvent donc comporter une erreur énorme.

M. D. Berthelot a proposé une formule un peu plus compliquée, mais beaucoup plus approchée. On en tire en effet

$$z'' = 55{,}5\chi\left(\chi^2 - \frac{1}{6}\right) \tag{10}$$

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 548. Il s'y est glissé une erreur facile à corriger : C = 12,004 et non 14,004.

et les valeurs z'' ne diffèrent sensiblement des miennes qu'à partir de $\chi = 1,2$. Néanmoins l'écart dépasse encore 11 pour 100 pour $\chi = 1,6$.

χ.	z'.	z.	z''.
0,2	−1,1	−1,8	−1,4
0,6	+10,1	+7,4	+6,4
0,9	30,2	31,9	32,1
1,3	72,4	113,7	109,9
1,6	115,8	239	212,5

Application de la méthode au toluène. — MM. Ramsay et Steele (¹) ont essayé de déterminer les poids moléculaires de sept corps au moyen de leurs densités de vapeurs. Le résultat a été médiocre pour trois d'entre eux, mauvais ou très mauvais pour les autres. Pour le toluène, les auteurs constatent que le poids moléculaire obtenu surpasse de $\frac{1}{182}$ le nombre calculé au moyen des poids atomiques des constituants (²).

Nous allons voir que *cet écart énorme tient uniquement à la méthode suivie pour déterminer la valeur limite de* $\frac{pv}{T}$ pour $p = 0$, et non aux expériences ni aux impuretés du produit.

Le Tableau ci-après contient les valeurs moyennes R′ de cette expression à 129°,6 (T = 402°,6) pour diverses pressions exprimées en centimètres de mercure (²).

De ma formule (3), dans laquelle $R = 8319.10^4$ C. G. S. d'après mes expériences, on déduit aisément

$$(11) \qquad M = 6237,2\,\frac{\varphi}{R'}.$$

Mais, avant de calculer φ, il faut d'abord savoir si la vapeur de toluène appartient à la série normale. A cet effet, calculons le coefficient moyen d'écart à la loi de Mariotte entre les pressions extrêmes de $0^m,60$ et $0^m,27$, pour le confronter avec le nombre expérimental

$$A_1^2 = \frac{p_1 v_1 - p_2 v_2}{p_1 v_1 (p_2 - p_1)} = 474.10^{-6}.$$

D'après les auteurs, les données critiques sont

$$\Pi_c = 41^{at},6 \quad \text{et} \quad \Theta_c = 593°,7, \quad \text{d'où} \quad \chi = 1,475.$$

On en déduit, si la vapeur est normale,

$$z = 181, \qquad u = 5,7,$$

(¹) *Philos. Magaz.*, 6ᵉ série, t. VI, 1903, p. 492.

(²) *Ibid.*, p. 515 et 514.

d'où

$$m = 435 \cdot 10^{-6} \quad \text{et} \quad n = 33 \cdot 10^{-8},$$

et enfin

$$A_1^2 = m + 87n + 27m^2 = 469 \cdot 10^{-6}.$$

La petite différence entre les deux nombres 474 et 469 est largement imputable aux erreurs d'expérience; *la vapeur de toluène est donc bien normale*, et il suffit d'appliquer la formule (6) en prenant pour z et u les valeurs ci-dessus. On obtient ainsi les valeurs de φ, et par suite de M, consignées dans le Tableau ci-dessous :

p.	$\varphi.10^4$.	R'.	M.
60.............	9727	65,877	92,094
48.............	9784	66,278	92,074
36.............	9839	66,600	92,085
27.............	9880	66,924	92,080

On voit que les valeurs de M sont très concordantes et que la différence entre leur moyenne, 92,083, et le poids moléculaire, 92,088, déduit des poids atomiques, est inférieure à la somme des erreurs probables d'expérience.

L'écart, loin d'atteindre $\frac{1}{182}$, est si faible qu'on pourrait utiliser la densité de vapeurs du toluène pour calculer le poids atomique du carbone. On trouve ainsi

$$C = 12,003.$$

Mais il faut se garder de généraliser; car il est évident que cette concordance a quelque chose de fortuit, les mesures des densités de vapeurs ne comportant pas le même degré de précision que celles des densités de gaz dans les conditions normales.

J'examinerai, dans un Mémoire plus étendu, les autres déterminations des mêmes auteurs.

HYDROLOGIE. — *La radioactivité des sources thermales de Bagnères-de-Luchon.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Adolphe Lepape**, présentée par M. Armand Gautier.

Nos expériences ont porté sur 20 sources ou griffons différents, que MM. les Drs Ferras et Estradère avaient spécialement signalées à notre attention. Elles ont été exécutées en partie à la station (septembre et novembre 1908), en partie dans notre laboratoire de l'École de Pharmacie.

Gaz spontanés. — On n'observe de dégagement de gaz appréciable que dans 5 griffons.

Nous nous sommes servis, pour nos déterminations, d'un électrocope à feuille d'aluminium (¹). On introduisait dans le cylindre de déperdition un volume connu de gaz soigneusement desséché, et l'on commençait aussitôt à mesurer les vitesses de chute successives de la feuille. Les observations étaient fréquemment répétées pendant au moins 4 heures.

Nous avons toujours constaté un accroissement ininterrompu et relativement rapide (radioactivité induite) de la vitesse de chute pendant les 3 premières heures, et le chiffre maximum a toujours été obtenu après 3 heures. Nous avons, en outre, maintes fois constaté que la diminution était sensiblement de moitié en 4 jours. Ces observations, qui caractérisent, comme on le sait, l'émanation du radium, excluent la présence, du moins en quantité appréciable, d'autres émanations dans nos sources. Ainsi qu'on le fait généralement, c'est le chiffre maximum (après 3 heures) que nous adoptons comme mesurant la radioactivité du gaz.

Lorsque l'expérience n'était pas faite aussitôt après la prise d'essai au griffon, on calculait la radioactivité initiale d'après l'âge du gaz et la loi exponentielle de décroissance de l'émanation avec le temps.

Eaux. — Le problème a été ramené au précédent. Un volume connu d'eau, immédiatement après la prise d'essai au griffon, était agité pendant un quart d'heure avec le même volume d'air, à la température de 20° : l'eau cédait à l'air la majeure partie de son émanation, et l'air ainsi radioactivé était ensuite étudié comme un gaz spontané. Le résultat obtenu devait être multiplié par un facteur inverse du coefficient de partage de l'émanation entre l'eau et l'air agités.

Nous avons déterminé ce coefficient pour quelques sources types, et l'on prenait, pour les autres, le coefficient de la source la plus voisine. Les expériences de détermination des coefficients ont été exécutées à Paris. L'eau, récoltée et embouteillée avec des précautions spéciales, et expédiée aussitôt, était traitée au laboratoire par deux méthodes :

1° Méthode par agitation avec l'air (voir ci-dessus);

2° Méthode par ébullition : on extrayait les gaz dissous par une ébullition prolongée, l'émanation, ainsi entraînée en totalité, y était dosée à la façon ordinaire.

Le rapport des résultats des deux expériences (coefficient de partage) a été trouvé, pour 4 sources différentes, respectivement égal à 0,80, 0,85, 0,76 et 0,81 (²).

(¹) Dispositif de MM. C. Chéneveau et A. Laborde (*Journ. de Physique*, 1908, 3ᵉ fasc., p. 262). Cet appareil, très sensible et d'un maniement simple, nous a donné toute satisfaction.

(²) Dans des recherches analogues, M. Hofmann (*Phys. Zeits.*, t. VI, 1905, p. 337) avait trouvé le rapport 0,77, qui a été adopté par M. Brochet dans ses récentes mesures de radioactivité à la station de Plombières (*Comptes rendus*, 27 janvier 1908).

Résultats. — Voici, sous forme de Tableau, les résultats de nos meilleures déterminations. Les nombres qui y figurent mesurent, en milligrammes-minutes d'émanation du radium, la radioactivité de 10 litres de gaz spontanés ou d'eaux au griffon.

Sources.	Gaz spontanés.	Eaux.
Bordeu (Grande Source de la galerie François)	18,36	2,20
Bordeu n° 2	14,43	»
Pré n° 2	»	1,33
Ferras ancienne	»	0,99
Ferras réunis	»	0,97
Ferras nouvelle	»	0,89
Bosquet réunis	»	0,85
Bosquet n° 3	»	0,82
Pré n° 1	10,23	0,65
Saule n° 2	9,42	»
Blanche	»	0,60
Ferras enceinte	4,19	0,51
Étigny réunis	»	0,44
Bordeu réunis	»	0,37
Romains	»	0,25
Bayen	»	0,11
Reine	»	0,08
Ravi	»	0,075
Richard nouvelle	»	0,07
Grotte supérieure	»	0,06

Observations et conclusions. — On sait que les eaux de Bagnères-de-Luchon sont des eaux sulfureuses. Il est remarquable que, malgré cette analogie de composition et leur groupement géologique, elles soient, comme le montre le Tableau ci-dessus, si inégalement radioactives. C'est en vain, d'ailleurs, que nous avons recherché une relation possible entre la radioactivité et quelque autre propriété, physique ou chimique, telle que température, sulfuration, etc.

Au point de vue qui nous occupe, les résultats ci-dessus, considérés en bloc, établissent le caractère nettement radioactif de la station [1]. Ce caractère se manifeste clairement si l'on procède par comparaison.

On constate ainsi, tout d'abord, que la radioactivité des gaz spontanés

---

[1] La recherche du radium à l'état de sel a été faite dans quelques-unes de ces eaux, ainsi que dans divers produits solides (concrétions, boues, sulfuraires). Elle nous a donné un résultat négatif.

de Luchon est particulièrement forte : en fait, on n'a pas signalé en France, à notre connaissance, de gaz aussi radioactif que celui de la Grande Source Bordeu (Rad. = 18,36) ([1]).

En second lieu, si nous comparons les eaux, nous trouvons, à Luchon, parmi celles que nous avons étudiées, 10 sources formant un ensemble intéressant (Rad. > 0,50). La radioactivité de la Grande Source Bordeu atteint le chiffre 2,20; toutefois, en France, une source plus radioactive est celle du puits Choussy, à La Bourboule (Rad. = 3,56 : d'après A. Laborde).

CHIMIE. — *Sur l'impossibilité de prévoir par la Thermochimie la stabilité relative de composés comparables d'argent et de plomb.* Note de M. **Albert Colson**, présentée par M. Georges Lemoine.

J'ai montré que, dans des réactions organiques d'ordre général, l'allure des phénomènes n'est pas nécessairement liée au maximum de chaleur dégagée, ni aux phénomènes d'affinité (*Comptes rendus*, 1909, 1er semestre, p. 643). Je vais maintenant établir que, dans des composés minéraux comparables, la stabilité n'a pas de rapport avec la chaleur de formation.

Les composés du plomb et ceux de l'argent ont des ressemblances frappantes : les oxydes sont fortement basiques, les chlorures et les sulfures sont insolubles, les carbonates et les azotates sont anhydres et décomposables de la même façon. Je vais examiner ces deux derniers genres de sels.

Les chaleurs de formation sont :

Pour $PbCO^3$	166600^{cal}
Pour Ag^2CO^3	120800
Différence	45800
Pour $Pb(AzO^3)^2$	105400
Pour $Ag^2(AzO^3)^2$	57400
Différence	48000

On pourrait alors conclure que les sels de plomb sont plus stables que les sels d'argent correspondants; d'autant mieux que les différences thermiques

([1]) On a mentionné, à l'étranger, quelques rares sources encore plus radioactives : rappelons, comme extraordinairement curieux, le gaz de Badgastein, en Autriche (Rad. = 79,2 : d'après P. Curie et A. Laborde).

restent dans le même sens quand on tient compte de la formation des oxydes qui résultent de leur décomposition :

	cal
$PbO + CO^2$	21500
$Ag^2O + CO^2$	19300
Différence	2200

$[PbO + Az^2O^4 + O] - [Ag^2O + Az^2O^4 + O]$: différence..... 4500^{cal}

Cette conclusion est exacte en ce qui concerne les carbonates qui, dans le vide, se dissocient à la façon du spath d'Islande; car, d'après mes mesures, la tension carbonique de $PbCO^3$ n'atteint 760^{mm} de mercure qu'à 285°, tandis que Ag^2CO^3 donne la même tension à 220°.

Si la chaleur de formation était en rapport avec la stabilité, on devrait trouver des écarts comparables avec les azotates. Il n'en est rien.

Le nitrate de plomb ne se décompose pas à 200°, comme l'indiquent les Traités de Chimie. Quand il est parfaitement sec (et il faut pour cela le chauffer longtemps dans le vide au-dessus de 200°), il ne présente pas trace de décomposition sous l'action prolongée d'un vide de 2^{mm} et d'une température de 260° (vapeur d'éthylxylidine). Il faut atteindre la température de 283° pour obtenir un départ de vapeurs rutilantes, correspondant à une dépression de 20^{mm} en 25 minutes environ, ou à un volume d'environ $0^{cm^3},5$ de gaz dans les conditions normales pour un poids de 8^g. Cette dépression se renouvelle à plusieurs reprises.

Au contraire, le nitrate d'argent, même à 350° dans le vide, ne donne lieu à aucune décomposition s'il est parfaitement desséché, malgré la faiblesse de sa chaleur de formation.

On peut objecter que l'azotate d'argent fournirait de l'argent métallique à 280°, et que cette décomposition changerait le sens des chaleurs de décomposition. Mais, d'après ce que nous avons indiqué au sujet de la décomposition des carbonates, le sel d'argent devrait se décomposer au moins à 65° au-dessous de 280°, c'est-à-dire au-dessous de 215°, température à laquelle Ag^2O résiste à la décomposition, au sein de l'acide carbonique.

Néanmoins, pour lever cette objection, j'ai comparé le nitrate de plomb à lui-même. Ce sel se dissout dans l'azotate d'argent fondu avec absorption de chaleur (¹). J'ai même déterminé approximativement quelques solubilités :

A 250°........	100^g de nitrate d'argent	dissolvent	20^g de nitrate de plomb	
A 350°........	100^g	»	80^g	»

(¹) Je l'ai constaté directement, et aussi en observant un palier dans la courbe de refroidissement, dès que le sel de plomb se dépose.

Or, dans mes études sur la transformation du phosphore dissous, j'ai observé que l'état dissous était plus résistant que l'état libre. J'ai donc étudié aussi la stabilité de l'azotate de plomb dissous dans le nitrate d'argent.

Ce sel se dissolvant avec absorption de chaleur, sa chaleur de formation à l'état dissous est moindre qu'à l'état libre. Si donc la stabilité était en rapport avec la chaleur de formation, le nitrate de plomb dissous dans l'azotate d'argent se décomposerait plus facilement qu'à l'état libre.

Or, quand on chauffe dans le vide à 258° (vapeur d'éthylxylidine) une dissolution de 25ᵍ de nitrate de plomb dans 100ᵍ de nitrate d'argent, on constate un départ abondant de bulles gazeuses. Celles-ci sont constituées par de l'acide nitrique provenant soit de l'humidité des sels (malgré une fusion préalable), soit de l'hygrométrie du tube, soit de la réaction du verre sur les sels métalliques. Quoi qu'il en soit, au bout d'une demi-heure environ, ce dégagement, qui ne correspond qu'à une baisse manométrique de 5^{mm} à 6^{mm}, cesse totalement et la solution résiste à la chaleur, si bien qu'en 2 heures on ne constate pas la moindre variation manométrique. Si alors on élève la température à 285°-286°, la résistance de la dissolution à la décomposition persiste absolument. Elle ne manifeste une décomposition sensible qu'à 350°; la dépression manométrique est au moins de 25^{mm} en 20 minutes pour 8^{g}.

Il faut atteindre 380°-385° pour que les vapeurs rutilantes s'échappent tumultueusement de la dissolution sous la pression atmosphérique. La température 385° correspond au point où la dissolution commence à se troubler, quel que soit son taux initial.

En résumé, la chaleur de formation de composés semblables ne fournit aucune indication touchant leur stabilité relative; de plus, à température constante, un corps défini, tel que le nitrate de plomb, peut acquérir une stabilité beaucoup plus grande par dissolution, quoique sa chaleur de formation soit diminuée par le fait de cette dissolution.

CHIMIE MINÉRALE. — *Obtention de nouveaux chlorures de silicium de la série silicométhanique.* Note de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

Dans une récente Communication [1] nous avons relaté l'insuccès de notre tentative d'obtention des composés SiH^2Cl^2 et SiH^3Cl (obtenus, d'autre part, par l'action de HCl gazeux sur Si amorphe) en faisant passer l'effluve dans un mélange de H sec et de vapeurs de silicichloroforme; mais

[1] *Comptes rendus*, séance du 1er mars 1909.

cette tentative n'a pas été infructueuse, car elle nous a permis de préparer une série de chlorure de Si du type saturé Si^nCl^{2n+2}, les uns connus, les autres inconnus jusqu'alors.

Lorsque l'effluve traverse le mélange de vapeurs de silicichloroforme et d'hydrogène, on voit se condenser au sein de l'appareil à effluves, un liquide oléagineux, de couleur jaunâtre. L'appareil de préparation pour de notables quantités comprenait : un producteur de H pur (Zn pur et SO^4H^2 pur) et sec (passage sur P^2O^5), puis un flacon chauffé doucement au bain-marie et renfermant $SiHCl^3$; H en barbotant se chargeait de vapeurs de $SiHCl^3$ et se rendait dans deux appareils à effluves (type Berthelot avec réservoirs à la partie inférieure) disposés en batterie et alimentés par un transformateur branché directement sur la canalisation à 110 volts, ce qui permet, avec un débit de $1^{amp},5$, d'obtenir une effluve bien nourrie; enfin, un réfrigérant avec glace et sel marin dont l'inutilité a bientôt été reconnue (dans les essais primitifs conduits en vue d'obtenir des produits plus hydrogénés que $SiHCl^3$, la réfrigération avait été faite avec la neige carbonique).

Avec l'appareil que nous avons employé, la transformation de 500^{cm^3} de silicichloroforme a nécessité un fonctionnement d'une dizaine de jours (jour et nuit).

Une fois en possession d'une quantité suffisante du produit, formé, comme nous allons le voir, d'un mélange de chlorures de Si de plus en plus condensés, on les sépare en tenant compte des considérations suivantes :

1° Le mélange des vapeurs des chlorures de Si condensés et d'air déflagre sous l'action de la chaleur (distillation dans un gaz inerte).

2° Les chlorures de Si condensés se détruisent sous l'action de la chaleur, en chlorures moins condensés (distillation sous pression réduite et emploi de dissolvants pour les termes les plus élevés).

C'est ainsi que nous avons pu séparer du liquide oléagineux, provenant de l'opération, du tétrachlorure $SiCl^4$, du sesquichlorure ou silicoéthane perchloré Si^2Cl^6 découvert par Friedel, du silicopropane perchloré Si^3Cl^8 déjà obtenu par Gattermann et Weinlig dans les sous-produits de la rectification du chlorure de Si brut; ces savants lui ont attribué comme point de distillation 210°-215°; nous avons trouvé qu'il était un peu plus élevé, 215°-218; ils n'ont pu le solidifier à —12°; c'est qu'en effet ce corps ne se solidifie que par un refroidissement intense, au sein de la neige carbonique, et, solidifié, il fond à — 67°.

Nous avons ensuite séparé : 1° un liquide incolore, oléagineux, distillant au voisinage de 150° sous pression réduite à 15^{mm}; il ne se solidifie pas sous l'action du froid à — 80°, mais devient très visqueux à cette température. Nous pensions nous trouver en possession du silicobutane perchloré Si^4Cl^{10}, homologue supérieur de Si^3Cl^8, mais

les analyses rigoureuses nous ont conduits à lui attribuer la formule Si^5Cl^{12}, ce qui en fait le silicopentane perchloré. (Il faut remarquer que déjà, dans ces produits de condensation, le pourcentage en Cl et Si pour deux corps voisins diffère à peine de 1 pour 100). Nous avons pensé confirmer cette formule par la densité de vapeur, mais ce caractère s'est trouvé en défaut; le résultat obtenu, dans une atmosphère d'azote, au sein de la vapeur de mercure, n'a aucune signification, ce qui concorde avec l'examen de l'appareil employé qui a montré que la substance avait été complètement décomposée. Ce chlorure fume à l'air, il est rapidement décomposé par l'eau en donnant un produit blanc, qui ressemble à de la silice; il en diffère nettement par sa combustibilité, souvent même il donne des étincelles et s'enflamme spontanément par une simple friction.

2° Un corps solide blanc qui se sublime dans le vide vers 200°, non sans subir une décomposition partielle, ce qui fait qu'à la resublimation il reste un résidu assez important de chlorures plus condensés; l'analyse conduit à lui attribuer la composition Si^6Cl^{14} et en fait le silicohexane perchloré.

Au début de sa sublimation dans le vide, vers 200°, ce corps se présente sous forme de cristaux très nets; ultérieurement, il forme un revêtement uniforme ayant la consistance de la cire; il fond sous l'action de la chaleur vers 170° non sans présenter des traces de décomposition; très altérable à l'humidité, il est rapidement décomposé par l'eau en donnant une substance blanche combustible. Les tentatives faites pour prendre sa densité de vapeur ont, comme pour le corps précédent, échoué et pour la même raison.

Après élimination des corps précédents par un chauffage prolongé au vide, dans un bain de valvoline à 200°-210°, il reste une masse solide jaune rougeâtre, à l'aspect vitreux; traitée et épuisée par des dissolvants, tels que l'éther de pétrole ou CCl^4, elle s'y dissout presque en totalité en s'y montrant très soluble. La solution, jaune, n'abandonne aucun corps par concentration partielle et refroidissement; il faut chasser complètement le dissolvant et il reste alors un corps solide amorphe, à l'aspect vitreux, de couleur jaune citron, très altérable à l'humidité; l'analyse lui attribue la composition élémentaire très approchée de celle qui correspond à la formule Si^2Cl^3; c'est vraisemblablement un mélange de plusieurs chlorures. Soumis à l'action progressive de la chaleur, dans le vide et jusqu'à la température de ramollissement du verre, cette matière se décompose en se boursouflant; un liquide visqueux passe difficilement à la distillation tandis que des chlorures solides blancs se subliment; nous n'avons pu poursuivre l'étude de ce liquide obtenu en quantité insuffisante pour pouvoir le fractionner et nous n'avons pu identifier d'une façon certaine les chlorures sublimés par suite de la faible différence qui existe dans les pourcentages en Cl et en Si pour deux homologues voisins; le point de fusion ne subsiste même plus car, pour certains de ces chlorures, la décomposition est nettement apparente et semble totale avant d'atteindre le point de fusion.

Enfin, il reste un résidu fixe à la température de ramollissement du verre et dans le vide; c'est une substance poreuse dont la couleur varie du brun au rouge vif, à reflets mordorés et présentant le phénomène des lames minces; elle est insoluble dans les dissolvants usuels; nous avons été conduits à la considérer comme un mélange de chlorures très condensés.

En résumé, par l'action de l'effluve sur les vapeurs de silicichloroforme en présence d'hydrogène, nous avons réalisé une méthode d'obtention des chlorures de Si de la série saturée, avec cet avantage qu'on peut obtenir ces corps à un haut degré de pureté, grâce à l'absence d'oxychlorures qui sont pour ainsi dire inséparables quand ils s'y rencontrent.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Purification frigorifique arsénicale de l'acide sulfurique hydraté.* Note de M. **Morancé**, présentée par M. Troost.

L'acide sulfurique concentré, marquant 65,5 à 65,8 à l'aréomètre et contenant 93,5 à 94 pour 100 de monohydrate, cristallise à environ -20° en abandonnant des cristaux constitués par de l'acide sulfurique monohydraté.

Le professeur Lunge a fait breveter l'application industrielle de ce procédé.

Cependant la concentration à 66 n'est pas une condition nécessaire pour obtenir la congélation. L'acide sulfurique beaucoup plus hydraté cristallise à quelques degrés au-dessous de zéro. Mais il faut pour cela que l'acide ait une densité déterminée. Cette densité doit être comprise entre 63° et 64° Baumé.

Nous avons opéré, avec intention, sur de l'acide sulfurique provenant du grillage des pyrites d'Espagne, c'est-à-dire sur un acide très chargé en impuretés diverses, et principalement en arsenic.

L'acide choisi est celui qui coule de la tour de Glover, parce qu'il renferme le maximum d'impuretés.

Une certaine quantité de cet acide est concentrée à 63°,5 Baumé et abandonnée dans un récipient au froid naturel pendant 24 heures, à une température qui a varié de -8° à $+2^{\circ}$.

Au bout de ce temps une partie de l'acide est congelée.

Sur 3730^{g} d'acide à 63°,5 exposés au froid nous obtenons :

Partie liquide..............................	1835^{g}
Partie solide..............................	1895^{g}

Les eaux mères ont donc un poids à peu près égal à celui des cristaux.

Nous séparons la partie liquide de la partie solide par décantation, puis essorage à la trompe.

Partie liquide. — La partie restée liquide ne cristallise plus à — 10°. Additionnée d'eau, elle dégage des vapeurs rutilantes. 100g de l'acide exigent 152cm³,5 de permanganate de potassium à $\frac{1}{1000}$ pour se colorer en rose, à l'ébullition. L'hydrogène sulfuré donne un précipité jaune clair très abondant, à la température de 70°.

100 parties en poids de la partie liquide renferment :

Résidu au rouge	g 0,5730
Fer et alumine	0,0825
Arsenic	0,2550
Acide sulfurique monohydraté	69,1

Partie solide. — La partie solide est constituée par un amas de cristaux blancs, transparents; de prismes clinorhombiques très volumineux qui ne fondent que vers + 8°.

Additionnés d'eau, ils ne dégagent pas de vapeurs rutilantes, mais renferment néanmoins des traces de produits nitreux décelables par la diphénylamine. 100g de cristaux sont colorés en rose à l'ébullition par 50cm³ de solution de permanganate à $\frac{1}{1000}$.

L'hydrogène sulfuré à 70° donne un léger précipité jaune plus fourni que dans le premier cas.

Ces réactions indiquent que la partie cristallisée est beaucoup moins impure, quoique plus concentrée, que la partie liquide.

L'analyse indique les quantités suivantes d'impuretés pour 100g de cristaux :

Résidu au rouge	g 0,2320
Fer et alumine	0,0241
Arsenic	0,0275
Acide sulfurique monohydraté	82,45

Si nous rapportons, pour la partie liquide et pour la partie solide, les impuretés à 100 parties d'acide sulfurique monohydraté, nous obtenons le Tableau suivant :

	Partie solide.	Partie liquide.
Résidu au rouge	g 0,281	g 0,829
Fer et alumine	0,029	0,119
Arsenic	0,033	0,368

La congélation est donc un moyen de purification de l'acide sulfurique hydraté, surtout en ce qui concerne l'arsenic, impureté de beaucoup la plus gênante au point de vue industriel.

Il est possible que ce procédé devienne pratique pour la grande industrie, surtout depuis les progrès accomplis récemment par l'industrie frigorifique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les propriétés colorantes et tinctoriales de l'acide picrique.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai étudié les propriétés colorantes et tinctoriales de l'acide picrique, dissous dans l'eau, l'alcool absolu, l'éther et le benzène.

Solubilités.	Acide picrique dissous dans 100g de dissolvant — à la température de 20°.	au point d'ébullition à 77°.
Eau (Marchand)	0,60	3,8
Alcool absolu	6,23	66,22
Éther	2,06	»
Benzène	5,27	123,4

Coloration des dissolutions. — Les solutions d'acide picrique dans ces dissolvants sont diversement colorées.

En examinant au colorimètre Dubosc des solutions d'acide picrique à 1 pour 1000, on trouve pour les intensités colorantes :

Solution dans l'eau (type)	1000,0
» l'alcool absolu	256,0
» l'éther	2,4
» le benzène	2,1

Essais de teinture sur laine. — J'ai fait des teintures comparatives avec des flottes de 1g de laine dans 500cm³ de solutions chauffées 30 minutes au bain-marie, un peu au-dessous du point d'ébullition de chaque dissolvant.

Pour chaque dissolvant, les teintures ont été faites :

1° Solutions à 1 pour 4000	1*a*, sans acide
	1*b*, avec $\frac{1}{10000}$ de HCl
2° Solutions à 1 pour 40000	2*a*, sans acide
	2*b*, avec $\frac{1}{10000}$ de HCl

Après teinture, chaque échantillon a été bien tordu, rincé deux fois à l'eau distillée (400cm³) : on les a comparés ensuite au point de vue de l'intensité colorante. Voici les résultats constatés :

	Solutions d'acide picrique, 1 pour 4000 de dissolution — sans acide.		avec acide.	
Eau	jaune très foncé, estimé	100	jaune très foncé, estimé	100,5
Alcool	à peu près incolore, estimé	1	à peine coloré, estimé	0,5
Éther	»	1	»	0,5
Benzène.	»	1	»	0,5

	Solutions d'acide picrique, 1 pour 40000 de dissolution	
	sans acide.	avec acide.
Eau	incolore	jaune très foncé, estimé 100
Alcool	»	à peine coloré, estimé 1
Éther	»	» 1
Benzène	»	» 1

Comparaisons colorimétriques des bains avant et après teinture. — D'autre part, on a comparé au colorimètre la coloration des bains avant et après teinture (ces derniers étant ramenés au volume primitif) :

	Intensité colorante des bains	
	avant teinture.	après teinture.
Eau	100	62
Alcool	100	104
Benzène	100	100
Éther	100	225

On a reconnu que les bains de l'alcool et de l'éther s'étaient hydratés pendant la teinture et avaient subi par cette cause un accroissement de coloration.

Pour éliminer cette cause d'erreur, on a dosé la couleur dans les bains, avant et après teinture, par évaporation, en faisant une correction pour les matières cédées par la laine pendant la teinture et en tenant compte du colorant ayant pu être entraîné par la vapeur du dissolvant :

	Résidu de 40^{cm^3} (corrections faites)	
	avant teinture.	après teinture.
Alcool	0,0090	0,0088
Benzène	0,0095	0,0094
Éther	0,0098	0,0096

L'épuisement a été sensiblement nul.

Conductibilités électriques (solutions aqueuses et alcooliques). — J'ai mesuré les conductibilités électriques comparées des différents bains de teinture en déterminant l'intensité d'un courant donné, passant dans une même longueur des liquides expérimentés.

Les résultats sont exprimés en milliampères.

Eau distillée, température 18°	1,4
» » 80°	3,0
» avec $\frac{1}{10000}$ HCl, température 18°	41,0
» » $\frac{1}{1000}$ acide picrique, température 18°	31,0
» » » » 80°	36,0

Eau distillée avec $\frac{1}{40000}$ acide picrique, température 18°	10,5
» » » » » 80°	15,0
» $\frac{1}{10000}$ HCl, $\frac{1}{4000}$ acide picrique, température 18°	45,0
» » » » 80°	47,5
» » $\frac{1}{40000}$ acide picrique, température 18°	41,5
» » » » 80°	46,0
Alcool, température 18°	0,1
» » 70°	0,25
» avec $\frac{1}{4000}$ acide picrique, température 18°	4,30
» » » 70°	10,90
» avec $\frac{1}{40000}$ acide picrique, température 18°	0,50
» » » 70°	1,40
» $\frac{1}{10000}$ HCl, $\frac{1}{4000}$ acide picrique, température 18°	28,0
» » » » 70°	34,0
» » $\frac{1}{40000}$ acide picrique, température 18°	25,0
» » » » 70°	31,0

Les solutions dans l'éther et le benzène, avec ou sans acide, n'ont pas de conductibilité électrique appréciable dans les conditions observées.

Conclusions. — 1° La coloration des solutions d'acide picrique, dans les dissolvants expérimentés, varie dans le même sens que la conductibilité électrique de ces solutions.

2° Les solutions aqueuses d'acide picrique teignent la laine et s'appauvrissent, quand leur conductibilité électrique atteint une certaine valeur. Cette condition peut être réalisée, soit en augmentant la quantité d'acide picrique dissous, soit en ajoutant au bain un acide tel que l'acide chlorhydrique.

3° En solution alcoolique, la fixation de la matière colorante est très faible, en présence de $\frac{1}{10000}$ d'HCl, malgré une conductibilité électrique assez considérable.

Il semble que la fixation de l'acide picrique sur la laine soit due, dans les conditions où j'ai opéré, à une réaction chimique de la fibre sur la matière colorante, fortement ionisée, au sein de l'eau.

Cette réaction chimique ne paraît pas être un phénomène de salification; la teinture de la laine par l'acide picrique, en effet, ne se produit pas en milieu benzénique; or j'ai montré, dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, 6 juillet 1908), que l'acide picrique dissous dans la benzine s'unissait aux bases organiques et formait des sels avec de grands dégagements de chaleur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du dicétobutyrate de méthyle avec les carbures et les amines aromatiques.* Note de MM. **A. Guyot** et **V. Badonnel**, présentée par M. A. Haller.

Dans une série de recherches antérieures effectuées par l'un de nous en collaboration avec MM. Michel (¹) et Estéva (²), nous nous sommes attachés à faire ressortir l'aptitude remarquable que possèdent les éthers mésoxaliques de fixer sur leur carbonyle médian une molécule d'un carbure, d'un phénol ou d'une amine aromatique, et nous avons montré l'intérêt que présentent les produits de condensation ainsi obtenus au point de vue de la préparation des aldéhydes.

Cette faculté de condensation est due, vraisemblablement, à l'accumulation de deux radicaux négatifs sur un même carbonyle; dès lors, il nous a semblé qu'on doit la retrouver dans toutes les molécules renfermant un carbonyle placé dans des conditions analogues.

Ces molécules sont aujourd'hui assez nombreuses, mais elles restent difficilement accessibles, et nous avons dû limiter nos recherches aux éthers dicétobutyriques

$$CH^3 - CO - CO - CO^2R$$

qui en sont les représentants les plus abordables.

Le but de la présente Note est de décrire quelques produits de condensation obtenus au moyen du dicétobutyrate de méthyle.

Paradiméthylamidophénylacétylglycolate de méthyle

$$(CH^3)^2N.C^6H^4 - C\begin{cases} CO^2CH^3 \\ OH \\ CO - CH^3 \end{cases}.$$

— Ce composé, produit de substitution arylé d'un acide encore inconnu, l'acide *acétylglycolique* $CH^3.CO.CH.OH - CO^2H$, s'obtient avec un rendement presque théorique lorsqu'on chauffe à 100° pendant quelques minutes une solution équimoléculaire de diméthylaniline et de dicétobutyrate de méthyle dans l'acide acétique cristallisable. Il se dépose par refroidissement de ces solutions dans le sulfure de carbone en feuillets incolores, fondant à 81°, très soluble dans la plupart des véhicules organiques.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 229.
(²) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 564.

Le *paradiéthylamidophénylacétylglycolate de méthyle*

$$(C^2H^5)^2N.C^6H^4 - C(OH)(COCH^3)(CO^2CH^3)$$

se prépare comme son homologue inférieur et cristallise en petits prismes fondant à 56°.

La potasse aqueuse saponifie ces deux éthers et les scinde quantitativement en acide acétique et acide dialcoylamidophénylglycolique, conformément à l'équation

$$R^2N.C^6H^4 - C(OH)(CO.CH^3)(CO^2.CH^3) + 2KOH$$
$$= CH^3.CO^2K + R^2N.C^6H^4.CHOH.CO^2K + CH^3OH.$$

L'acide sulfurique concentré et chaud (90°) provoque le même dédoublement; mais à son contact l'oxyde dialcoylamidophénylglycolique qui a pris naissance perd à son tour une molécule d'oxyde de carbone et donne une aldéhyde dialcoylamidobenzoïque, de sorte que la réaction globale peut être représentée par l'équation

$$R^2N.C^6H^4.C(OH)(CO.CH^3)(CO.CH^3) + H^2O$$
$$= CH^3.CO^2H + R^2N.C^6H^4.CHO + CO + CH^3OH.$$

L'acétate de cuivre oxyde dès la température ordinaire les solutions hydroalcooliques de ces éthers; il se forme un précipité rouge vermillon d'oxydule de cuivre et la liqueur se remplit de petits cristaux jaunes de dialcoylamidophénylglyoxylate de méthyle. Il y a donc eu oxydation et dédoublement, conformément à l'équation

$$R^2N.C^6H^4.C(OH)(CO.CH^3)(CO^2CH^3) + O = R^2N.C^6H^4.COCO^2CH^3 + CH^3.CO^2H.$$

L'oxydation est plus rapide à chaud; mais l'éther phénylglyoxylique ne tarde pas à disparaître par saponification et fait place à un abondant précipité cristallin de dialcoylamidophénylglyoxylate de cuivre.

Toutes ces réactions sont quantitatives.

Chauffés en solution alcoolique avec la quantité équivalente de phénylhydrazine, ces éthers donnent les hydrazones simples correspondantes, fondant respectivement à 106° et à 153°.

Condensation du dicétobutyrate de méthyle avec les carbures aromatiques. — La condensation des éthers dicétobutyriques avec les carbures aromatiques s'effectue dans les mêmes conditions que celle des éthers mésoxaliques décrite dans une précédente Note et présente les mêmes particularités. Ici encore, la condensation s'effectue en deux phases; on obtient tout d'abord un éther phénylacétylglycolique

$$C^6H^5.C(OH)(CO.CH^3)(CO^2R)$$

qui fixe à son tour une seconde molécule de carbure et donne un éther diphénylacétylacétique

$$(C^6H^5)^2.C(CO.CH^3)(CO^2R).$$

Le produit brut de la réaction est généralement constitué par le mélange

des deux composés qu'on sépare facilement par distillation fractionnée sous pression réduite.

Nous avons ainsi obtenu, avec le toluène, le paratolylacétylglycolate de méthyle

$$CH^3.C^6H^4.C(OH)(CO.CH^3)(CO^2.CH^3),$$

huile incolore distillant à 190° sous 15mm, et le ditolylacétylacétate de méthyle

$$(CH^3.C^6H^4)^2.C(CO.CH^3)(CO^2CH^3),$$

prismes incolores fondant à 119°. Le produit distille à 235° sous 15mm, ne se combine pas à la phénylhydrazine, et se scinde quantitativement sous l'influence de la potasse alcoolique en acide acétique et acide ditolylacétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'allylcarbinol. Passage à la série du furfurane.* Note de M. **H. Pariselle**, présentée par M. Haller.

L'allylcarbinol ou butène-1-ol-4 a été préparé par Wagner (¹) à partir de l'iodure d'allyle, du trioxyméthylène et du zinc. L'opération dure 4 mois et les rendements sont de l'ordre de 1 pour 100.

En 1908, M. Carré (²) a repris la préparation en passant par les composés organométalliques du zinc. Il a obtenu 4 à 5 pour 100 de la quantité théorique d'allylcarbinol.

Je suis arrivé à élever le rendement à 20 et 25 pour 100 par le mode opératoire suivant :

Dans un matras on introduit 12g de magnésium, 15g de trioxyméthylène et de l'éther anhydre. On y fait tomber goutte à goutte une solution éthérée de 120g de bromure d'allyle en agitant très fréquemment. Après cette opération, le matras est chauffé au bain-marie pendant 6 heures. Les produits de la réaction sont versés dans une assez faible quantité d'eau glacée. On ajoute de l'acide sulfurique, on décante et l'on extrait la couche aqueuse à l'éther. Les deux solutions éthérées sont réunies.

240g de bromure d'allyle ayant été ainsi traités, j'ai isolé les corps suivants :

1° 32g de biallyle qui ont passé à la distillation avec l'éther; j'ai caractérisé ce biallyle en le transformant en tétrabromure fondant à 63°;

(¹) Wagner, *D. ch. G.*, t. XXVII, p. 2437.

(²) Carré, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1283.

2° 39g d'allylcarbinol brut, soit 28 pour 100 de la quantité théorique; je l'ai rectifié sur un peu de sodium et j'en ai obtenu ainsi 29g passant de 112° à 114°, soit 20 pour 100 de rendement;

3° Un liquide distillant de 175° à 177° sous la pression ordinaire. L'analyse et la cryoscopie m'ont montré que c'était le formal de l'allylcarbinol

$$CH^2\left\langle\begin{array}{l}O.CH^2.CH^2-CH=CH^2,\\ O-CH^2.CH^2-CH=CH^2.\end{array}\right.$$

A partir de l'allylcarbinol ainsi obtenu, j'ai préparé les corps dont l'étude suit :

Dibromo-1.2-butanol-4 : $CH^2Br - CHBr - CH^2.CH^2OH$. — Dans une solution chloroformique d'allylcarbinol, j'ai versé goutte à goutte du brome dilué dans le chloroforme jusqu'à coloration persistante. 1^{mol} d'alcool absorbe exactement 2^{at} de brome.

Le dibromure obtenu passe, après deux rectifications, de 112° à 114° sous 11^{mm}. Wagner (1) a indiqué comme point d'ébullition du même corps 131° à 141° sous 16^{mm}. Cet intervalle de 10° et la faible quantité de matière sur laquelle il opérait me portent à croire que ces nombres sont erronés.

Du reste, il est à remarquer que le point d'ébullition que j'indique est à 1° ou 2° près celui du tribromobutane-1.2.4

$$CH^2BrCHBrCH^2CH^2Br$$

que nous avons préparé avec M. Lespieau (2) et du dibromo-1.4-butanol-2

$$CH^2BrCHOHCH^2CH^2Br$$

sur lequel je me propose de revenir. Or, il y a lieu de supposer que les points d'ébullition de ces trois corps doivent être très rapprochés, puisque la tribromhydrine et les dibromhydrines de la glycérine ordinaire distillent sensiblement à la même température.

Action de la potasse sur le dibromo-1.2-butanol-4. — Le dibromure précédent, dilué dans l'éther, a été agité avec de la potasse finement pulvérisée et en quantité légèrement supérieure à celle correspondant à 1^{mol} de potasse pour 1^{mol} de bromure.

Des produits de la réaction j'ai isolé un corps bouillant à 150°-151° sous la pression ordinaire. Ce composé, qui ne contient plus que 1^{at} de brome, ne possède aucun des caractères de la liaison éthylénique.

---

(1) WAGNER, *loc. cit.*

(2) LESPIEAU et PARISELLE, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1035.

Il s'est donc formé un oxyde interne et l'on est en présence de l'un des deux corps suivants :

Corps A.

$$\begin{array}{ccc} CHBr & - & CH^2 \\ | & & | \\ CH^2 & & CH^2 \\ & \diagdown\!\!\diagup & \\ & O & \end{array}$$

Corps B.

$$CH^2BrCH - \underbrace{CH^2 - CH^2}_{O}$$

La formation du corps B était peu probable, les fermetures de chaîne en β étant assez rares. En effet, j'ai identifié le corps obtenu avec le tétrahydrofurfurane monobromé, grâce aux réactions suivantes :

Le bromure à étudier, chauffé avec de la potasse concassée, m'a conduit après rectification à un liquide bouillant à 67°-69°. Ce liquide n'est autre que le dihydrofurfurane que Henninger (¹) a obtenu en partant de l'érythrite et dont la formule est

$$\begin{array}{ccc} CH & = & CH \\ | & & | \\ CH^2 & & CH^2 \\ & \diagdown\!\!\diagup & \\ & O & \end{array}$$

En effet, 1^{mol} de ce corps fixe exactement 2^{at} de brome pour donner un composé distillant à 97°-99° sous 24^{mm} et fondant à 10°-11°. Ce sont là, à 1° près, les constantes données par Henninger pour le bromure d'hydrofurfurane

$$\begin{array}{ccc} CHBr & - & CHBr \\ | & & | \\ CH^2 & & CH^2 \\ & \diagdown\!\!\diagup & \\ & O & \end{array}$$

Pour avoir une vérification plus nette encore, j'ai traité ce corps par de l'acide bromhydrique fumant comme l'indiquent Grimaux et Clœz (²).

J'ai obtenu un corps cristallisé fondant à 111°-114°. C'est la tétrabromhydrine de l'érythrite

$$CH^2Br - CHBrCHBrCH^2Br.$$

Cette suite de réactions met bien en évidence la constitution des différents corps dont il vient d'être question.

(¹) HENNINGER, *Ann. Chim.*, 6ᵉ série, t. VII, p. 211.

(²) GRIMAUX et CLŒZ, *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. III, p. 417.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la cyclisation des dicétones acycliques.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **A. Kœhler**, présentée par M. A. Haller.

On sait qu'à partir des termes δ-dicétoniques, les dicétones peuvent se cycliser dans des conditions d'ailleurs variables. Mais, d'une part, on n'a jamais recherché jusqu'à quels termes cette cyclisation est possible et, d'autre part, les travaux relatifs aux ε- et ζ-dicétones sont très peu nombreux, étant données les difficultés que présentait jusqu'ici la préparation de ces composés. Quant aux dicétones à groupements cétoniques plus éloignés, elles étaient inconnues. Les seules recherches faites sur les ε- et ζ-dicétones sont ceux de Marshall et Perkin, et de Kipping et Perkin (*Chem. Soc.*, t. LV, p. 335; t. LVII, p. 14, 204 et 241; t. LIX, p. 214). Disposant d'une méthode de préparation des dicétones, commode et indépendante de la position relative des deux carbonyles (voir Note antérieure), nous avons repris ces recherches.

Les δ-dicétones ne sont pas connues, on ne connaît que leurs produits de cyclisation : les alcoylcyclohexénones (Knœvenagel, *Lieb. Ann.*, t. CCLXXXI, p. 117). Ces corps étant bien étudiés, il n'y avait pas lieu d'y revenir. La réaction a d'ailleurs été généralisée antérieurement par l'un de nous, en collaboration avec M. M. Maire.

Les dicétones ε, sous l'influence des alcalis en solution alcoolique, et à l'ébullition, se cyclisent avec une très grande facilité et, contrairement à ce qu'avaient observé Perkin et Marshall en partant de l'éther diacétyladipique, le produit obtenu est sensiblement pur de premier jet. Le corps qui prend naissance dans ces conditions est un alcoyl-1-acidyl-2-cyclopentène-1 :

```
      R                          R
      |                          |
      CO                         C
     /                          //\
CH²      CH² — CO — R        CH²    C — CO — R.
|        |              →    |      |
CH²——————CH²                 CH²————CH²
```

La cyclisation se produit donc de telle sorte qu'elle donne naissance à un cycle en C^5 plutôt qu'à un cycle en C^7, ce qui aurait lieu si elle s'effectuait comme dans le cas des dicétones δ. La constitution des alcoylacidylcyclopentènes s'établit d'ailleurs aisément par oxydation permanganique. Avec le méthyl-1-éthanoyl-2-cyclopentène-1, par exemple (méthyldihydropen-

tèneméthylcétone de Perkin), on obtient de l'acide acétique et de l'acide γ-acétylbutyrique

```
        CH³                          CH³
        |                            |
        C                            CO
      //  \                         /
   CH²     C — CO — CH³         CH²      CO²H + CH³ — CO²H.
   |       |               →    |        |
   CH² —— CH²                   CH² —— CH²
```

Afin de rechercher si le poids des alcoyles fixés aux carbonyles dans la dicétone primitive a une influence sur la cyclisation, nous avons soumis au même traitement la décanedione-3.8. Nous avons ainsi obtenu l'éthyl-1-propanoyl-2-cyclopentène-1 avec un très bon rendement. Ce corps constitue un liquide incolore, bouillant à 94°-95° sous 14^{mm} et possédant une odeur camphrée. La semicarbazone correspondante fond à 188° et l'oxime qui en dérive bout à 127° sous 9^{mm}. La constitution de ce corps a été également établie par oxydation : on obtient de l'acide propionique et de l'acide γ-propionylbutyrique. De ces faits, il résulte que le poids des alcoyles fixés sur les carbonyles de la dicétone primitive est sans influence sur la marche de la cyclisation.

Parmi les ζ-dicétones, nous avons cyclisé d'abord la nonanedione-2.8. La réaction se produit d'une manière satisfaisante par action de l'acide sulfurique concentré et, à froid, elle donne le méthyl-1-éthanoyl-2-cyclohexène-1

```
        CH³                              CH³
        |                                |
        CO                               C
       /                               //  \
   CH²      CH² — CO — CH³          CH²     C — CO — CH³.
   |        |                  →    |       |
   CH²      CH²                     CH²     CH²
     \     /                          \    /
       CH²                              CH²
```

Ce corps avait été déjà obtenu par Kipping et Perkin ; mais contrairement aux indications de ces auteurs, il nous a été impossible de déterminer la cyclisation par action des alcalis. En traitant dans les mêmes conditions une autre dicétone, l'undécanedione-3.9, par l'acide sulfurique, nous n'avons obtenu à froid aucun produit de cyclisation, mais retrouvé simplement la dicétone primitive inaltérée. Ce fait intéressant montre que la cyclisation se fait moins facilement que dans le cas des dicétones ε et qu'elle est fonction non seulement de la position respective des deux carbonyles, mais encore

du poids des radicaux alcooliques qui leur sont fixés. Si l'on essaye de déterminer la cyclisation par action de l'acide sulfurique à la température du bain-marie, on n'obtient que des produits de résinification et d'oxydation.

D'après les résultats obtenus avec les ζ-dicétones, il était à prévoir que les dicétones η ne donneraient plus de produits de cyclisation. C'est, en effet, ce que nous avons constaté. La décanedione-2.9 ne se cyclise pas sous l'influence des alcalis et elle se dissout à froid dans l'acide sulfurique concentré, sans aucune altération, bien que la dissolution s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Comme d'après ce qui a été indiqué au sujet des dicétones, cette η-dicétone est celle qui aurait eu le plus de chances de se cycliser; on en peut conclure qu'à partir des termes en η, les dicétones ne se cyclisent plus.

BOTANIQUE. — *Sur les hybrides d'Orges et la loi de Mendel.* Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note précédente [1], j'ai établi que le croisement de deux plantes d'Orges différant par la présence ou par l'absence d'épines sur les nervures dorsales des grains donne toujours, en première génération, des plantes dont les grains portent des épines. En adoptant les définitions de Mendel pour les caractères accouplés et la dominance, les caractères (B, nervures des grains épineuses; *b*, nervures lisses) constituent un *couple* où B est *dominant*. D'après la règle de Mendel concernant la disjonction des caractères sur les hybrides de deuxième génération, le caractère *récessif* (*b*) doit réapparaître sur un quart des descendants. Si l'on examine en bloc les résultats de mes cultures de 1908, la règle de disjonction semble vérifiée; si l'on étudie à part les lignées issues de combinaisons diverses, il apparaît des divergences régies d'ailleurs, elles aussi, par une règle.

Les parents des hybrides appartiennent à des lignées pures suivies depuis 1904. Chaque lignée dérive d'un grain récolté en 1903, et, depuis 1905, les descendants ont été soumis à un contrôle très rigoureux des caractères portant chaque année sur 10 plantes entières, 100 épis et environ 300 grains pris au hasard dans la récolte battue; les *sortes pures pédigrées* sont des lignées choisies parmi celles dont la compacité

---

[1] *Recherches sur les hybrides d'Orges* (*Comptes rendus*, 15 juin 1908).

des épis, le nombre des grains par épis, etc., sont représentés par des polygones de variation à un seul sommet très saillant [1].

Les hybrides dont il est question ici résultent de croisements artificiels, faits, en 1906, entre plantes du type d'Orge à deux rangs, *Hordeum distichum* L., soit entre espèces très différentes telles que l'Orge nue, *H. d. nudum* Ard., à grains toujours munis d'épines dorsales, et diverses sortes des deux espèces cultivées *H. d. nutans* et *H. d. erectum*, soit entre sortes appartenant à ces deux dernières espèces, soit enfin entre sortes de l'une ou de l'autre de ces espèces.

Les travaux de Neergard et de Nilsson, en Suède, de Macalik, en Hongrie, les nombreuses cultures faites en France [1] établissent l'existence, dans les espèces d'Orges cultivées, *d'espèces élémentaires,* définies par plusieurs caractères et désignées par les lettres :

α,	axes d'épillets à	poils raides,	grains à nervures dorsales	lisses,
β,	»	»	»	épineuses,
γ,	»	cotonneux,	»	lisses,
δ,	»	»	»	épineuses.

Pour exposer les faits avec rigueur et pour en permettre le contrôle, je représenterai les sortes croisées par les noms ou numéros de classification qu'elles portent dans les cultures de la Société d'Encouragement [1] :

H. d. nutans α (sortes 0,102; 0,185; 0,190),	caractère	*b*;
H. d. nutans β (sorte 0,236),	»	B;
H. d. nutans δ (sorte 0,431),	»	B;
H. d. erectum α (sorte 0,501),	»	*b*;
H. d. erectum β (sorte 0,631),	»	B.

Il résulte des conventions adoptées que les sortes dont les noms commencent par les chiffres 0,1.., 0,2.. d'une part, 0,5.. et 0,6.. d'autre part, sont très proches parentes et ne diffèrent, en outre des caractères variables, que par un seul caractère stable reconnu; les sortes 0,1.. et 0,4.. diffèrent par deux caractères stables reconnus; les sortes 0,1.. et 0,6.., par trois caractères stables reconnus.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus en 1908 par la culture des descendants de quelques séries d'hybrides réciproques réalisés en 1906 :

Hybride ♀ × ♂	Nombre de grains semés.	Nombre de grains levés.	Plantes sans épines.	Plantes avec épines.	Pourcentages sans épines.	Pourcentages avec épines.
b × B, B × *b* (résultat théorique d'après Mendel)..........					25	75
I.						
0,185 × 0,236.......	60	47	11	36	23	77
0,236 × 0,185.......	90	62	18	44	29	71

[1] Pour le détail des opérations qui fournissent des *sortes pures pédigrées,* consulter les documents réunis dans les *Rapports annuels de la Société d'Encouragement à la culture des Orges de brasserie en France,* Paris, 1904-1908.

Hybride ♀ × ♂	Nombre de grains semés.	levés.	Plantes sans épines.	avec épines.	Pourcentages sans épines.	avec épines.
		II.				
0,501 × 0,631.......	60	45	14	31	31	69
0,631 × 0,501.......	210	177	40	137	23	77
	420	331	83	248	25	75
		III.				
0,185 × 0,431.......	60	39	10	29	26	74
0,431 × 0,185.......	90	59	11	48	19	81
	150	98	21	77	22	78
		IV.				
0,190 × 0,631.......	180	148	70	78	47	53
0,631 × 0,190.......	150	126	65	61	52	48
	330	274	135	139	49	51
		V.				
0,102 × Orge nue....	150	110	3	107	2	98
Orge nue × 0,102....	240	209	6	203	3	97
	390	319	9	310	2,7	97,7

Les conclusions les plus importantes se déduisent de la comparaison des pourcentages de plantes avec ou sans épines, calculés pour chaque lignée :

1° *Dans tous les cas, il y a disjonction;* la descendance de plantes hybrides présentant des épines en première génération renferme à la fois des individus avec épines et des individus sans épines.

2° *Dans tous les cas, le pourcentage des individus à épines est plus élevé que celui des individus sans épines,* fait en accord avec la règle de Mendel.

3° *Lorsque les affinités des lignées croisées sont très étroites, les proportions* entre les nombres d'individus à caractères dominants et d'individus à caractères récessifs *concordent avec les chiffres théoriques déduits de la règle de Mendel.*

4° *Les hybrides résultant du mélange d'espèces linnéennes distinctes* (séries IV et V), bien que fertiles et offrant la disjonction des caractères, *fournissent des pourcentages nettement différents de* ceux que permet de prévoir *la règle de Mendel.*

En résumé, la règle de disjonction des hybrides s'applique aux combinaisons illégitimes de formes très voisines; elle n'est pas valable pour les mélanges sexuels d'espèces très différentes, malgré la fertilité des produits obtenus.

PHYSIOLOGIE. — *Immunité naturelle des Serpents contre les venins des Batraciens et en particulier contre la salamandrine.* Note de Mme **M. Phisalix**, présentée par M. Edmond Perrier.

Beaucoup de Serpents se nourrissent de Grenouilles, de Tritons, d'Alytes, de Crapauds et autres Batraciens, quelques-uns même de Salamandres terrestres, ainsi que l'a signalé Tschudi, à propos de la Couleuvre à collier.

En ce qui concerne la Salamandre, le fait n'a guère été confirmé, en raison sans doute des habitudes de cet animal qui ne chasse que par les nuits tièdes et pluvieuses.

Ayant vu une Couleuvre à collier lâcher prise après avoir assailli une Salamandre enfermée avec elle, j'avais d'abord pensé qu'un jeûne trop prolongé avait seul enhardi le Serpent à entamer une peau aussi amère. Mais j'ai observé depuis, à diverses reprises, que ces Couleuvres avalent volontiers et impunément la Salamandre, même quand elles ont le choix entre leurs proies accoutumées. Or, de la peau d'une Salamandre, on peut retirer $0^{mg},23$ de salamandrine, c'est-à-dire une dose capable de tuer deux Salamandres et demie ou trente-huit Grenouilles.

A quoi est due cette tolérance de la Couleuvre pour une proie à peau si venimeuse? Les venins cutanés des Batraciens seraient-ils comme les venins des Serpents, partiellement détruits dans le tube digestif, ou bien les Serpents ont-ils une immunité réelle pour ces venins, immunité qu'on observe fréquemment entre animaux venimeux, même lorsque leurs venins sont de nature très différente?

L'expérience, telle qu'elle se présente dans les conditions naturelles, ne peut guère nous renseigner, car la peau de la Salamandre contient deux poisons à effets opposés dont on n'observe que la résultante; d'autre part, l'un de ces poisons, la salamandrine, n'est pas préformé dans la sécrétion granuleuse, et pourrait être partiellement éliminé ou détruit au fur et à mesure qu'il est libéré de ses principes immédiats. C'est pourquoi il est nécessaire de fractionner le problème et d'essayer séparément l'action des

deux sortes de poisons cutanés par les différentes voies d'introduction dans l'organisme.

J'ai montré antérieurement l'action de la salamandrine sur un certain nombre d'animaux, et mis en relief la haute immunité des Batraciens opposée à la sensibilité des Oiseaux et des Mammifères pour ce poison. Les recherches présentes sur les Serpents apporteront leur contribution à la question d'immunité réciproque des espèces venimeuses.

Parmi les Serpents, j'ai choisi à dessein la Vipère commune (*Vipera aspis*) et les Couleuvres (*Tropidonotus natrix* et *viperinus*, *Coluber lævis*) qui, par leurs glandes venimeuses et la toxicité de leur sang, se comportent comme la Vipère elle-même, ainsi que l'a montré C. Phisalix.

Or, quelle que soit la voie d'introduction de la salamandrine, et quel que soit le Serpent envenimé, les symptômes dominants sont conformes à ceux qu'on observe chez les autres animaux : ralentissement du cœur et de la respiration, convulsions tonico-cloniques suivies de paralysie; arrêt du cœur en systole lorsque l'animal succombe à la dose employée. Les mêmes lésions congestives se retrouvent à l'autopsie; mais la dose minima mortelle varie avec l'espèce de Serpent et le lieu de l'inoculation.

Dose minima mortelle de salamandrine. — En dehors de l'inoculation intracérébrale qui surmonte toute espèce d'immunité, comme je l'ai vérifié pour la Salamandre elle-même, qu'on peut convulsionner en portant le venin granuleux ou la salamandrine sur les lobes optiques mis à nu, c'est à l'inoculation sous-cutanée que les Serpents sont le moins résistants, et à l'ingestion qu'ils le sont le plus. Le Tableau suivant résume, quant à ces animaux, les résultats d'une quarantaine d'expériences faites avec la même salamandrine ayant servi pour les essais relatifs aux autres animaux.

Si l'on compare les Serpents les moins tolérants, ceux pour lesquels la Salamandre n'est pas une proie (Vipère, Couleuvre lisse) aux autres animaux du Tableau ci-après, on constate que ces Serpents ont encore une immunité aussi élevée que celle des Batraciens eux-mêmes, et qui est manifeste quelle que soit la voie d'introduction du poison.

A quoi doivent-ils cette immunité ?

Les expériences que j'ai faites en mélangeant, à la dose mortelle de salamandrine inoculée, soit du sérum frais de Vipère ou de Couleuvre, soit le même sérum privé de son pouvoir toxique par le chauffage à 58° pendant 15 minutes, ont montré, que le mélange *sérum chauffé-salamandrine* est plus rapidement mortel que la salamandrine seule, et que le mélange *sérum frais-salamandrine*, loin d'entraîner la mort de l'animal, le tonifie au contraire comme le ferait l'injection d'une dose modérée de salamandrine

ou de strychnine. En d'autres termes, les symptômes observés apparaissent comme si la substance toxique du venin et du sérum, l'*échidnine*, dont l'action est comme on le sait paralysante, éteignait partiellement les effets convulsivants de la salamandrine. L'immunité des Serpents pour ce dernier poison tiendrait ainsi à l'antagonisme physiologique entre leur venin et celui de la Salamandre.

I. — *Animaux ayant une grande immunité pour la salamandrine.*

	Poids moyen de l'animal.	Doses de chlorhydrate de salamandrine mortelles pour ce poids par injection sous-cutanée.	Doses minima mortelles pour 1kg d'animal		
			par voie sous-cutanée.	par voie abdominale.	par voie digestive.
	g	mg	mg	mg	mg
Salamandre terrestre...	28	10	357	-	
Couleuvre à collier....	107	19	177	198 à 611	700
Triton crêté..........	5,5	0,66	133		
Alyte................	7	0,5	62		
Couleuvre vipérine....	22	1	45	161	
Crapaud commun.....	25	1	40		
Couleuvre lisse.......	58	2	34	150	60
Grenouille...........	20	0,6	30		
Vipère aspic..........	46	1	21	31	58

II. — *Animaux sensibles à la salamandrine.*

	g	mg	mg
Hérisson............	850	6	7,05
Cobaye.............	430	1,12	2,6
Souris blanche.......	22	0,05	2,27
Moineau............	26	0,05	1,92
Chien...............	6000	10,8	1,8
Chat................	2800	3	1,07

Des expériences faites avec d'autres venins et poisons convulsivants nous montreront sans doute dans quelle mesure on peut étendre cette conception qui n'exclut d'ailleurs pas l'immunité que les Serpents pourraient devoir à la résistance propre de leurs cellules.

Mais pourquoi la Couleuvre à collier qui, sous le rapport de ses sécrétions internes, est si semblable à la Vipère, est-elle huit à neuf fois plus résistante que cette dernière à la salamandrine? Il est possible que l'accoutumance à des mets toxiques, le mithridatisme, vienne renforcer son immunité naturelle, d'autant que la bile de cet animal, loin de détruire le pouvoir toxique de la salamandrine, en accélère les effets. Mais les expériences ou les obser-

vations qui montreraient la même résistance chez des Couleuvres n'ayant jamais mangé de proies vaccinantes manquent encore, ce qui ne permet pas de déterminer si c'est l'accoutumance ou la résistance cellulaire qui vient accroître leur immunité.

PHYSIOLOGIE. — *Incoagulabilité du sang consécutive à l'ablation du foie chez la grenouille.* Note [1] de MM. **Doyon** et **Cl. Gautier**, présentée par M. Dastre.

L'ablation du foie détermine chez la grenouille l'incoagulabilité du sang et des crises tétaniques.

Les auteurs ont préparé, à Lyon, un certain nombre de grenouilles dans le but de soumettre les résultats à l'Académie. L'une des grenouilles, opérée le 18 au soir, a été saignée ce matin 22 mars, dans le laboratoire du professeur Dastre, par section du bras. Le sang recueilli est resté liquide. Comparativement, une grenouille normale a été saignée par le même procédé au même moment. Quelques minutes après la saignée, le sang s'est pris en masse; on peut retourner le récipient sans provoquer d'autre écoulement que celui de quelques gouttes de sérum.

Les crises tétaniques sont constantes après l'ablation du foie. Elles apparaissent soit spontanément, soit au moindre choc, et notamment lorsqu'on prend la grenouille dans la main. L'animal peut survivre à une première atteinte. Le cas suivant, observé récemment, le démontre : on enlève le foie à une grenouille. Six jours après, au moment où, le matin, on saisit la grenouille pour la laver, l'animal prend de très vives crises tétaniques. On saigne aussitôt la grenouille *à blanc* par section du bras. Le sang recueilli était très rouge; il n'a pas coagulé et n'a donné aucune trace de fibrine. On a lié la patte mutilée et conservé l'animal. Toute la journée, la grenouille est restée aussi vive qu'une grenouille normale très excitable. Le lendemain matin, l'animal paraissait affaibli. On essaya sans succès d'obtenir du sang par section du bras. On ne put recueillir qu'une goutte d'un liquide incolore dans le cœur ; ce liquide ne coagula pas. A l'autopsie, le foie était complètement enlevé, sauf quelques petits fragments qui avaient d'ailleurs été cautérisés avec soin. La veine cave et les veines qui traversent le foie étaient parfaitement perméables.

---

(1) Présentée dans la séance du 22 mars 1909.

HISTOLOGIE. — *Sur un procédé de coloration de la myéline des fibres nerveuses périphériques et sur certaines analogies de réactions micro-chimiques de la myéline avec les mitochondries.* Note de M. **Cl. Regaud**, présentée par M. Henneguy.

Ce procédé n'est autre que celui que j'ai proposé récemment pour l'étude des mitochondries [1]; il est essentiellement caractérisé par : 1° une fixation des pièces par le formol, avec chromage simultané ou successif; 2° une coloration des coupes (qui doivent être très minces, 5^{μ}) par l'hématoxyline ferrique.

Dans les coupes de tissus quelconques (par exemple : peau, muscles, glande surrénale) traitées par ce procédé, les fibres nerveuses montrent leur gaine de myéline colorée en noir avec une électivité parfaite. Les plus fines des fibres nerveuses à myéline et celles qui cheminent isolément sont facilement visibles. Les segments cylindro-coniques des manchons de myéline, séparés par les incisures de Schmidt-Lantermann, sont bien distincts. Au point de vue de la bonne conservation structurale, ce procédé est bien supérieur aux méthodes classiques de Weigert et de Pal; mais ces méthodes conservent leurs avantages lorsqu'il s'agit de colorer, dans un but topographique, des coupes très étendues et épaisses.

Le traitement par ce procédé, de ganglions spinaux de chien, m'a donné (en ce qui concerne les fibres nerveuses à myéline) une coloration limitée au réticulum de neuro-kératine d'Ewald et Kühne. J'ignore encore les raisons de cette particularité de réaction.

L'acide osmique à 1 pour 100, employé d'emblée, ou bien après l'action du formol, dans les mêmes tissus, donne d'aussi bons résultats que le procédé que j'ai en vue dans cette Note; mais il a l'inconvénient de ne s'appliquer qu'à des pièces relativement petites, à cause de son faible pouvoir de pénétration.

A propos des mitochondries, j'ai émis l'opinion qu'elles sont constituées par un support protoplasmique et une substance de nature grasse. Je fais remarquer que la communauté de la réaction des mitochondries et de la myéline des fibres nerveuses, vis-à-vis du procédé que j'ai proposé, renforce mon hypothèse relative à la constitution des mitochondries. On ne saurait

---

(1) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 19 décembre 1908; voir aussi *Comptes rendus*, 8 mars 1909.

d'ailleurs penser à une identité de nature chimique entre la myéline et la substance mitochondriale pour diverses raisons, notamment celle-ci : l'acide osmique, qui (chacun le sait) noircit la myéline, ne colore habituellement pas du tout les mitochondries.

La graisse ordinaire (éthers d'acides gras et de la glycérine) des cellules adipeuses normales du tissu conjonctif n'est, au contraire de la myéline (graisse phosphorée), ni insolubilisée, ni colorée par le procédé que j'ai décrit.

MÉDECINE. — *Constatation du* Treponema pallidum *dans le liquide céphalo-rachidien au cours de la syphilis acquise des centres nerveux.* Note de MM. **E. Gaucher** et **Pierre Merle**, présentée par M. Bouchard.

Cette constatation a été faite à l'ultra-microscope dans l'exsudation recueillie sur les méninges et surtout dans les ventricules latéraux, 24 heures après la mort.

Un malade, syphilitique depuis 8 mois environ, est atteint d'hémiplégie le 22 mars et hospitalisé à Saint-Louis, où l'on commence une série de piqûres intra-veineuses de 1cg de cyanure de mercure. L'hémiplégie droite permet encore quelques mouvements du membre inférieur; la face ne paraît pas intéressée; les réflexes sont légèrement exagérés du côté droit, le réflexe cutané plantaire provoque l'extension de l'orteil. Il n'y a pas de troubles de sensibilité. Il existe un certain degré de dysarthrie, de troubles intellectuels avec obnubilation, mais pas d'aphasie proprement dite; pas de troubles des sphincters, pas de symptômes méningés (vomissements, raideur de la nuque). Le 25 mars, brusquement, le malade est frappé d'apoplexie, perd connaissance et meurt quelques instants après cet ictus.

A l'autopsie nous ne trouvons aucune lésion notable des viscères. Les méninges cérébrales sont congestionnées, légèrement œdémateuses. Entre la dure-mère et les méninges molles, on recueille un exsudat légèrement louche. Dans les ventricules latéraux, qui présentent quelques granulations blanchâtres, le liquide est plus abondant. Les coupes ne révèlent aucun foyer d'hémorragie ou de ramollissement, ni même aucune altération de substance, pouvant faire penser à ces ramollissements blancs, récents, facilement méconnus.

La moelle présente des méninges légèrement œdémateuses. En coupes transversales l'aspect est anormal, grisâtre, marbré, indices d'altérations certaines, surtout marquées pour la moelle cervicale.

L'examen des exsudats ventriculaires et méningés à l'ultra-microscope permet de constater quelques spirilles au milieu d'hématies crénelées, de leucocytes et de cellules diverses. Ces microorganismes ont les carac-

tères du *Treponema pallidum* : dimensions, régularité des spires, aspect un peu rigide, sans flexuosités à larges ondulations. Les tréponèmes sont plus abondants dans le liquide ventriculaire que dans le liquide méningé. Ils sont animés de mouvements et paraissent encore vivants.

C'est la première fois, à notre connaissance, que le *Treponema pallidum* a pu être retrouvé *dans le liquide céphalo-rachidien au cours de la syphilis acquise des centres nerveux*.

Ravaut et Ponselle (*Société médicale des Hôpitaux*, 1907 et 1908) ont décrit dans les cellules épendymaires et dans les méninges (syphilis nerveuse et syphilis héréditaire) des éléments qu'ils considèrent comme étant des tréponèmes, interprétation qui a d'ailleurs été contestée par M. Nageotte. Mais en se fondant sur des recherches ultérieures, M. Ravaut nous a confirmé oralement l'exactitude de ses observations. Neisser a trouvé une fois le tréponème dans le liquide céphalo-rachidien, chez un malade atteint de syphilides papuleuses (*Die experiment. Syphilisforschung*, Berlin, 1906). Babes et Panéa ont trouvé également quelques tréponèmes dans le liquide céphalo-rachidien chez des mort-nés issus de parents syphilitiques (*Berliner klin. Wochenschrift*, 1905).

En dehors de l'importance du fait en lui-même, la constatation de la diffusion du germe pathogène, dans le liquide qui baigne les centres nerveux, permet d'éclairer la pathogénie de certaines formes aiguës de syphilis encéphalo-médullaire, observées au début de la maladie, pendant la période la plus virulente, alors que l'infection est encore généralisée.

MÉDECINE. — *Sur l'activité thérapeutique de la d'Arsonvalisation.* Note (1) de M. **E. Doumer**, présentée par M. d'Arsonval.

Pour comparer au point de vue de leur activité thérapeutique les champs divers que j'ai étudiés, je me suis servi d'hypertendus pris dans des états pathologiques aussi voisins et aussi comparables que possible ; j'ai écarté tous les sujets qui présentaient de la constipation ou de l'albuminurie, ou qui étaient obèses. J'ai également écarté tous ceux dont l'hypertension était considérable (supérieure à 25 P.) et tous ceux dont l'hypertension était relativement faible (inférieure à 20 P.).

Pour chacun des sujets en expérience, les séances avaient lieu tous les jours, sauf les dimanches; les tensions étaient prises au Potain toujours avant chaque séance.

On trouvera dans les Tableaux suivants le relevé des tensions prises

(1) Présentée dans la séance du 22 mars 1909.

PREMIÈRE SÉRIE.

(Intensité constante : $h = 0,0131$ gauss ; f et ωh variables.)

Groupe I.

$f = 2\,470\,000$ à $2\,630\,000$,
$h = 0,0128$ à $0,0141$ gauss,
$\omega h = 0,188$ à $0,244$ U.M.P.

Nombre des séances.	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.	26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.	42.	44.	46.	48.	50.	52.	54.	56.	58.	60.
1.....	24,5	20	17,5	15,5																											
2.....	22,5	21	19,5	20,5	17	15																									
3.....	23	17	15,5																												
4.....	21	22	20	18,5	16	18	15,5	15																							
5.....	21,5	19	19,5	17	17,5	16	15																								
Moyenne.	22,5	19,8	18,8	17,3	16	15,8	15,1																								

Groupe II.

$f = 1\,410\,000$ à $1\,520\,500$,
$h = 0,0132$ à $0,0151$ gauss,
$\omega h = 0,120$ à $0,143$ U.M.P.

Nombre des séances.	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.	26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.	42.	44.	46.	48.	50.	52.	54.	56.	58.	60.
1.....	25	25	24	24,5	25	23	20	21	22	19,5	17	16,5	18	16,5	16,5	15,5															
2.....	23,5	23,5	22	23	23,5	21	21,5	19	17	15,5	15	17	15																		
3.....	20,5	21	21,5	20	20	21	24	20	20,5	17,5	18	20	19,5	20	20	19,5	21	19	19,5	20	19										
4.....	22,5	20	20,5	18	19	17,5	15																								
5.....	22,5	21	22	22	21,5	20	19,5	18	19,5	17	20	16,5	15	16	15	17	16,5	15													
Moyenne.	22,8	22,1	22	21,7	21,8	20,5	20	18,6	18,8	16,9	17	17	16,6	16,5	16,3	16,4	16,5	15,8	15,9	16	15,8										

Groupe III.

$f = 520\,000$ à $660\,000$,
$h = 0,0118$ à $0,0125$ gauss,
$\omega h = 0,042$ à $0,060$ U.M.P.

Nombre des séances.	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.	26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.	42.	44.	46.	48.	50.	52.	54.	56.	58.	60.
1.....	22,5	23	23	22	23	21	22	21,5	23	24	23	23	23,5	22,5	23	22,5	21,5	22	22	22,5	21	22	22,5	23	21	21,5	21	23	23,5	22	21
2.....	24	23	22	22,5	22	20	21,5	19,5	20	21	19	19,5	18	19	17,5	18	17	16,5	16	17	15	15,5	15								
3.....	24,5	23	25,5	22	22	23,5	20	21,5	20	19	17	16,5	16,5	17	15,5	15,5															
4.....	21,5	22	22	22,5	21	21,5	22	23	22	22,5	21	22,5	22	23	22	23,5	21,5	22	23	23	22,5	21,5	22	22,5	23	22	21,5	21	21,5	22	21
5.....	20	19	20,5	20,5	20	20,5	19,5	22	24	20	22	21,5	22	22	21,5	20	20,5	19,5	19,5	20,5	20	19,5	20	21	21,5	20	20,5	19,5	20,5	20	19,5
Moyenne.	22,5	22	22,2	21,9	21,8	21,3	21	21,7	21,9	21,3	20,4	20,6	20,4	20,7	19,9	19,9	19,1	19	19,1	19,6	18,7	18,7	18,9	19,3	19,1	18,7	18,6	18,7	19,1	18,8	18,3

DEUXIÈME SÉRIE.

(Fréquence constante : $h = 2\,413\,000$; f et ωh variables.)

Groupe I.

$f = 2\,380\,000$ à $2\,570\,000$,
$h = 0{,}0197$ à $0{,}0203$ gauss,
$\omega h = 0{,}285$ à $0{,}315$ U.M.P.

Nombre des séances.	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.	26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.	42.	44.	46.	48.	50.	52.	54.	56.	58.	60.
1.....	22,5	19	16,5	15																											
2.....	25	23	19	17,5	19	15,5	15																								
3.....	24	16,5	16	15																											
4.....	21,5	19	15,5																												
5.....	22	16	14,5																												
Moyenne.	23	18,7	16,3	15,5	15,8	15,1	15																								

Groupe II.

$f = 2\,420\,000$ à $2\,680\,000$,
$h = 0{,}0091$ à $0{,}0105$ gauss,
$\omega h = 0{,}132$ à $0{,}172$ U.M.P.

Nombre des séances.	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.	26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.	42.	44.	46.	48.	50.	52.	54.	56.	58.	60.
1.....	23,5	23	23	21,5	20	22	19	19	17,5	19	19	16,5	17	15,5	15	15,5	15														
2.....	23,5	20,5	19	19	17,5	15																									
3.....	21	21	22,5	21	20,5	20	21,5	20	20,5	19	20	21	22	22,5	22,5	21	20	20,5	19	20,5	20,5										
4.....	22	19	20	19,5	19,5	18,5	19	19,5	17	17,5	17	16	15,5	14																	
5.....	22,5	21	21,5	19	18	22,5	23	19	21,5	20	20,5	18	18,5	16	15,5	16	16														
Moyenne.	22,5	20,9	21,4	20	19,1	19,6	19,5	18,5	18,3	18,1	18,3	17,3	17,6	16,6	16,6	16,5	16,2	16,5	15,8	16,1	16,1										

Groupe III.

$f = 2\,350\,000$ à $2\,520\,000$,
$h = 0{,}0060$ à $0{,}0079$ gauss,
$\omega h = 0{,}071$ à $0{,}085$ U.M.P.

Nombre des séances.	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.	26.	28.	30.	32.	34.	36.	38.	40.	42.	44.	46.	48.	50.	52.	54.	56.	58.	60.
1.....	21,5	23	21	21,5	22	21	21,5	21,5	21	20,5	20	21	20,5	20,5	21	21,5	21	21	20	21	21,5	20	20,5	20,5	21	20,5	20	19,5	19,5	20	20,5
2.....	22,5	21	22	22	22,5	21,5	23	20,5	21	19,5	17	16,5	17	16,5	16	15,5	14,5														
3.....	24	23	23	22,5	23	19	20	20,5	18,5	17	15,5	14,5																			
4.....	23	24	23,5	23	22,5	21,5	22	23,5	21	22	22,5	20,5	21	21	22	21	21	21,5	20,5	22	22,5	21	21,5	20	20,5	19,5	21	20	20,5	21	21
5.....	23	22	21,5	21,5	22	23	23,5	22	24	24,5	22	22,5	21,5	22	23,5	22	21	22	22,5	23	21	21,5	21	19	19,5	20	21	19,5	19,5	20	19,5
Moyenne.	22,8	22,6	22,2	22,1	22,4	21,2	22	21,6	21,1	20,7	19,4	19	19	19	19,5	19	18,5	18,9	18,6	19,2	19,5	18,5	18,6	17,9	18,2	18	18,4	17,8	17,9	18,2	18,2

toutes les deux séances et, pour chaque groupe d'hypertendus soignés dans les mêmes conditions, la moyenne des tensions individuelles.

De ces résultats on peut conclure que dans les limites de mes expériences, avec des champs de pouvoirs semblables à ceux que j'ai employés et mesurés par la méthode que j'ai fait connaître, l'*activité thérapeutique des champs magnétiques oscillants dépend de leur pouvoir électromoteur* et que *des champs magnétiques oscillants, équivalents au point de vue électromoteur, sont aussi équivalents au point de vue thérapeutique.*

MÉDECINE. — *Infection générale expérimentale avec localisation hépatique.* Note de M. **A. Le Play**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans des recherches déjà anciennes ([1]) nous avions étudié avec le regretté professeur Charrin l'action pathogène d'un parasite de la vigne, le *Stearophora radicicola,* isolé à l'état de pureté par MM. Mangin et Viala. Nous avions opéré par injections sous-cutanées ou intra-péritonéales de cultures mycéliennes ou fructifères. Nous avons ainsi vu se développer au niveau de la peau et de la séreuse péritonéale des nodosités de volume variable dont quelques-unes atteignaient les dimensions d'un œuf de pigeon, et qui évoquaient au premier abord l'idée d'une carcinose. De nature à la fois inflammatoire et parasitaire, ces pseudo-tumeurs étaient constituées par des éléments embryonnaires, lymphocytaires, en abondance, avec quelques leucocytes polynucléaires, enserrés dans des travées de fines fibrilles conjonctives.

Chacune de ces petites tumeurs contenait le champignon en abondance, à l'état de sclérotes, de filaments mycéliens, ou d'articles ovoïdes disjoints, riches en pigments noirs, donnant à ces nodosités l'apparence de productions néoplasiques.

La plupart des tissus sont touchés par l'action du parasite qui, en milieu hydrocarboné, donne lieu à la production d'acide et d'alcool. Les lésions sont surtout des altérations inflammatoires, se manifestant par des dégénérescences des éléments nobles et de petites hémorragies (reins, rate), une diminution du nombre des globules rouges et de la valeur globulaire (sang), des nodosités avec abaissement du taux de l'eau, de l'acide phosphorique et de la chaux (tissu osseux).

C'est au niveau du foie que les lésions sont le plus marquées; elles sont

([1]) Voir Charrin et Le Play, *Comptes rendus,* mai 1905.

disposées en îlots; en ces points le parenchyme hépatique est raréfié; par places même, il n'en reste plus trace. Au centre du nodule, on voit des filaments mycéliens plus ou moins étendus et entrecroisés et des sclérotes nettement caractérisés; au voisinage subsistent des débris cellulaires et, à la périphérie, séparé du tissu hépatique sain par une mince bande conjonctive, est disposé un manchon d'éléments embryonnaires avec quelques leucocytes polynucléaires. Ce processus d'hépatite insulaire rappelle, par endroits, l'aspect de certaines formations néoplasiques adénomateuses.

Cette localisation élective au niveau du foie pouvait s'expliquer par la technique employée : l'injection du parasite sous forme de spores dans la cavité péritoniale, c'est-à-dire dans un territoire dépendant du système porte. Les spores, franchissant les barrières épithéliales, sont transportées par le courant porte directement au foie; trouvant dans ce tissu un milieu favorable à leur développement, elles s'y fixent en donnant lieu aux modifications anatomo-pathologiques décrites précédemment. Cette localisation des lésions pouvait tenir peut-être au foyer primitif de l'infection dans le territoire porte. Aussi, dans une nouvelle série d'expériences, avons-nous injecté le parasite à l'état de spores dans la circulation générale.

Nous avons observé, au niveau des divers organes, des lésions qui, dans leur ensemble, sont assez analogues aux altérations relevées précédemment; toutefois, seul, le foie avait retenu le parasite. Celui-ci, dans ces conditions nouvelles, présente un développement bien moindre; il semble qu'en certains points les spores se soient presque immobilisées dans leur aspect morphologique primitif; on voit de nombreuses formes bactériennes, caractéristiques, avec leur pigmentation noire, mais un nombre relativement petit de formes mycéliennes, mal développées, surtout au voisinage des espaces portes et des veines sus-hépatiques. Çà et là, particulièrement au niveau des espaces de Kiernan, le parenchyme est disloqué et l'on distingue de petits foyers hémorragiques. Le parasite paraît manquer de vitalité; il est retenu au niveau du foie, où on le retrouve à l'exclusion de toute autre localisation, mais il s'y développe mal; le tissu hépatique semble d'ailleurs ne présenter qu'une faible réaction à son voisinage et l'on ne remarque pas les formations nodulaires pseudo-néoplasiques qui caractérisaient les expériences précédentes.

En somme, ces faits montrent que la glande hépatique est le tissu de choix pour le développement du parasite, et cette constatation nous a permis d'établir le milieu le plus favorable à la culture de ce champignon. Primitivement obtenu avec peine sur bouillon végétal ou peptoné, il se développe rapidement sur bouillon de foie, en milieu hydrocarboné.

Dans la première série de recherches, l'évolution si remarquable du parasite dans le foie peut s'expliquer par sa pénétration directe, presque immédiate, au niveau de cette glande dont la constitution chimique lui est si propice. Dans le second cas, au contraire, le parasite, lancé dans le torrent

circulatoire, subit les influences défavorables de ce milieu; cultivé en effet sur sérum sanguin, sur gélose au sang ou en milieu de Wertheim, son développement est presque nul. Il arrive ainsi au foie, affaibli, altéré dans sa structure et dans ses caractères biologiques. Il suffit d'ailleurs d'ajouter des hydrates de carbone aux cultures, *in vitro*, pour voir son développement s'accroître rapidement; la difficulté de la culture dans les milieux protéiques explique son absence dans les autres tissus (reins, rate, etc.).

Les différences observées dans cette infection spéciale, entre l'état du foie et des autres organes, sont intéressantes au point de vue pathologique général. La constitution chimique du parenchyme hépatique est particulièrement favorable à la nutrition et au développement de ce parasite qui lèse le tissu du foie mécaniquement en se développant et chimiquement par ses sécrétions. Ces expériences mettent bien en évidence l'importance primordiale du terrain. Le germe reste identique à lui-même, mais le milieu change suivant les organes, diversement constitués, entraînant des processus pathologiques variables pour un même agent morbide. On conçoit ainsi comment peuvent varier les processus morbides, non seulement d'espèce à espèce mais, pour un même animal, d'organe à organe.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *De l'orientation chez les Patelles.* Note de M. **Georges Bohn**, présentée par M. Edmond Perrier.

C'est un fait devenu banal depuis les observations déjà anciennes faites par plusieurs auteurs anglais et confirmées par Chabry d'une part, par H. Fischer d'autre part (1898), et récemment par M. Piéron, que les Patelles, après avoir erré sur un rocher du littoral à la recherche de la nourriture, reviennent aux places qu'elles occupaient. C'est là un cas très intéressant de retour au gîte chez un animal inférieur, et qu'on a classé sous la rubrique trop vague de *mémoire*.

Depuis août 1903, j'ai fait chaque année des observations et expériences pour analyser les mécanismes en jeu, et cela en divers points du littoral : Saint-Jacut-de-la-Mer (1903), Concarneau (1905), Saint-Vaast-la-Hougue (1906, 1907), Wimereux (1904, 1906, 1908), Arcachon (1907, 1908). Dans toutes ces localités, les Patelles se trouvent fixées sur de la pierre dure (granite, grès) et occupent le plus souvent des loges qui interrompent le revêtement de Balanes.

Dans une étude synthéthique parue en janvier dernier et dans un Livre

récent [1], je mentionne les conclusions de mes expériences et je montre des associations de sensation chez certains animaux inférieurs.

La Patelle, qui erre sur les rochers, tend à s'arrêter lorsqu'elle rencontre une portion lisse de la surface, et s'y arrête si celle-ci est suffisamment grande et a sensiblement la même inclinaison que celle sur laquelle elle est fixée d'habitude. Il y a là comme un souvenir de la position dans l'espace et un phénomène associatif : les impressions simultanées produites par un *certain* contact et par la disposition dans une *certaine* direction déclanchent les mécanisme d'arrêt.

Ainsi, les Patelles connaissent en quelque sorte la *place* qu'elles occupent d'habitude. Mais en est-il de même pour les *chemins* qu'elles suivent.

Au sujet de ceux-ci, voici ce que j'ai observé. Le Mollusque jouit d'une propriété très accusée : celle de se mettre à tourner sur lui-même lorsque, rampant, il vient à rencontrer la limite de séparation de deux surfaces inégalement inclinées ou dont l'état superficiel diffère (*sensibilité différentielle*); si le contraste est suffisamment marqué ou l'impulsion initiale de l'animal faible, l'animal rebrousse chemin, après avoir fait un tour de 180°; dans les cas contraires, il peut poursuivre son chemin, mais alors la trajectoire, comme je l'ai montré à maintes reprises, présente des perturbations. Sur un rocher, certaines lignes ne sont pas franchies, d'autres le sont difficilement : il en résulte que la Patelle ne se meut que dans une aire limitée, et marche surtout suivant les *lignes de moindre résistance*. Il y a là une notion nouvelle, dont il faudra nécessairement tenir compte. Il y a des cas où les chemins ne sont jamais bien déterminés, et où le retour ne se fait pas forcément par le chemin de l'aller.

J'ai fait des expériences nombreuses qui peuvent se grouper en trois séries.

Première série. — *J'ai changé la forme ou l'état de la surface du rocher, sans en modifier la position.* — Suivant l'intensité du changement, j'ai produit ou non des perturbations, des modifications des chemins, modifications qui semblent la conséquence de la sensibilité différentielle. Mais ces expériences à elles seules ne suffisent pas pour se rendre compte du mécanisme de l'orientation. J'ai donc institué les deux séries suivantes :

Deuxième série. — *J'ai changé la position du rocher dans l'espace, sans altérer sa forme ou l'état de sa surface.* — J'ai constaté des perturbations de l'*instinct merveilleux* des Patelles. Un individu qui était fixé sur une paroi verticale, devenue hori-

---

[1] G. Bohn, *Le Psychisme chez les animaux inférieurs* (*Rivista di Scientia*, t. IX); *La Naissance de l'intelligence* (1 volume de la *Bibliothèque de Philosophie scientifique*, 1909).

zontale, *cherche* maintenant sur les parois verticales, et quand il rencontre sur ces parois une loge suffisante pour lui, et lui permettant de placer l'axe longitudinal de son corps suivant la direction que celui-ci occupait primitivement dans l'habitat non modifié, il s'y arrête et y demeure.

TROISIÈME SÉRIE. — *J'ai transporté des Patelles d'un rocher à un autre rocher, parfois éloigné de* 1km, *et que l'animal ne pouvait, par conséquent, pas connaître.* — L'expérience suivante est très suggestive : sur deux rochers éloignés, on choisit deux Patelles orientées de même dans l'espace (pentes également inclinées, grands axes des loges faisant le même angle avec la ligne de plus grande pente); après permutation entre eux, les individus peuvent continuer à se comporter comme auparavant : sensiblement *mêmes chemins* et *mêmes arrêts* (¹), bien que la surface des deux rochers ne présentent pas les mêmes aspects visuels, tactiles.

Les conclusions de mes recherches sont les suivantes :

1° L'*instinct* du retour au gîte chez les Patelles n'est pas si merveilleux qu'on l'a prétendu; il peut être en défaut.

2° Ce Mollusque est guidé surtout par l'une des forces générales du milieu extérieur : la *pesanteur*. Il a nécessairement des sensations qui le renseignent sur sa position dans l'espace. L'arrêt a lieu toujours pour une position *déterminée;* les déplacements se font sur des surfaces ayant certaines inclinaisons.

3° Bien entendu, il y a lieu de tenir compte des sensations de contact qui s'*associent* avec les précédentes. Un arrêt durable ne se produit pas sur une surface couverte d'aspérités.

4° Les lois de la *sensibilité différentielle* indiquent que sur la surface du rocher il y a des *lignes de moindre résistance* pour l'animal qui se déplace; ces lignes sont les chemins les plus habituellement suivis par celui-ci. Dans une forêt, nous suivons les sentiers tracés, et l'on n'invoquerait pas alors une *mémoire musculaire* des chemins, une *mémoire visuelle ou olfactive* de certains points de repère. C'est cependant ce qu'on a fait au sujet des Patelles.

Chez celles-ci, il y a tout au plus une sorte de mémoire de la position dans l'espace, qu'on rencontre d'ailleurs beaucoup plus bas dans la série animale, comme cela résulte des observations si intéressantes de mon élève Van der Ghinst sur les Actinies (²).

(¹) Parfois j'ai observé que lorsque sur un même rocher deux places offrent la même orientation dans l'espace, l'instinct des Patelles peut se trouver en défaut : l'une prenant la place de l'autre, et *vice versa.*

(²) *Bulletin de l'Institut gén. psychologique*, t. IV, p. 267.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les Cochenilles du midi de la France et de la Corse.* Note de M. **Paul Marchal**, présentée par M. Yves Delage.

L'inventaire des animaux vivant en parasites permanents sur les plantes est un travail dont la nécessité apparaît d'autant plus urgente que les échanges entre nations des nombreux végétaux utilisés en horticulture facilitent de plus en plus la dissémination de parasites, qui, très localisés autrefois, tendent souvent aujourd'hui à devenir cosmopolites. Pour bien des espèces, le naturaliste arrive déjà trop tard et se trouve dans l'impossibilité de dire quelle est leur patrie d'origine. Et dans certains cas, lorsque tout à coup, par suite d'adaptation à des conditions nouvelles, ou par suite d'un transport dans un autre pays, une espèce jusqu'alors indifférente vient à se révéler comme le pire des fléaux, combien ne regrette-t-on pas de ne pas posséder l'état civil de ce nouvel ennemi ou de n'avoir que des renseignements incomplets sur son origine et son histoire? Ce qui s'est passé pour la Cochenille de San José et l'*Icerya Parchasi*, qui ont dévasté les États-Unis, et plus récemment pour la Cochenille rouge des Orangers (*Chrysomphalus minor*) dont j'ai signalé l'invasion en France dès 1899, et qui a ravagé notre littoral, atteste suffisamment l'importance pratique qu'il convient d'accorder à de semblables données.

J'ai donc pensé faire œuvre utile en dressant le relevé des espèces de Coccides vivant actuellement en France, en Corse et en Algérie (¹).

Dans la présente Note, je donnerai les principaux résultats d'une étude portant sur des matériaux recueillis dans le midi de la France et en Corse en 1908.

Diaspis (*Adiscodiaspis*) *ericicola,* nov. sp. — ♀. *Bouclier* arrondi, de $0^{mm},8$ à $0^{mm},9$; ostréiforme, blanc, avec une dépouille larvaire jaune, excentriquement placée en avant mais ne dépassant pas le bord; feuillet dorsal fortement relevé au niveau de la dépouille larvaire, feuillet ventral aplati et épais. Dépouille nymphale très grande, enveloppant l'Insecte parfait, les deux feuillets se séparant toutefois le long du bord. Femelle d'un jaune orangé vif. *Pygidium* dépourvu de *palettes,* de *filières spiniformes* ou de *peignes* et sans *glandes circumgénitales,* à pointe obtuse, légèrement bisinuée. *Glandes tubuleuses* courtes, nombreuses, disposées en séries ou en massifs sur le pygidium et le bord des segments abdominaux.

(¹) *Notes sur les Cochenilles de l'Europe et du nord de l'Afrique :* 1re Partie (*Ann. Soc. Entomol. France,* 1908, p. 223-309, 46 fig., 1 pl.).

♂. Bouclier étroit et allongé : longueur, $1^{mm},5$; largeur, $0^{mm},5$, à côtés subparallèles, dépouille larvaire jaune, dépassant en avant.

Habitat. — Sur *Erica arborea.* Vallée du Mal Infernet dans l'Esterel (Var).

Les caractères assez aberrants de cette espèce et en particulier l'absence de filières spiniformes, des palettes et des glandes circumgénitales, justifient l'établissement du sous-genre nouveau *Adiscodiaspis.*

Aspidiotus (*Evaspidiotus*) *labiatarum,* nov. sp. — ♀. *Bouclier :* long. $1^{mm},2$-$1^{mm},5$; larg. $0^{mm},8$-$1^{mm},2$; blanc, oblong; feuillet ventral épais, restant adhérent à la plante après la chute de l'Insecte. — *Pygidium* large et court à pointe très obtuse; *palettes* médianes larges et fortes; première paire latérale dentiforme, à côté externe fortement oblique; deuxième paire latérale réduite à une dent du bord du pygidium. Soies marginales fortes et longues dépassant les palettes et les peignes. Glandes circumgénitales peu nombreuses en cinq groupes, les latéraux de trois à quatre éléments disposés en une seule rangée; l'antéro-médian de deux à trois éléments.

Habitat. — En abondance sur *Stachys glutinosa* et sur *Teucrium capitatum,* à Corte (Corse).

Targionia alni, nov. sp. — ♀. *Bouclier :* $1^{mm},5$, arrondi, relativement déprimé, recouvert par l'épiderme de la plante, mince, gris, avec dépouille larvaire jaune foncé. — *Pygidium :* deux grandes palettes médianes rapprochées, fortement saillantes; de chaque côté, deux dents simulant des palettes latérales, non saillantes en dehors du contour général, à bords externes très obliques. Fortes soies marginales. Large épaississement chitineux bifurqué, prolongeant en dedans les palettes de chaque côté de l'anus. Pas de peignes. Pas de glandes circumgénitales.

Habitat. — Sur *Alnus glutinosa,* à Agay (Var).

Antonina phragmitis, nov. sp. — ♀. Longueur 5^{mm}, largeur 3^{mm}; ovalaire, de teinte jaunâtre ou brune, adhérente à la plante par une bande étroite de sécrétion blanche pulvérulente, apode; antennes rudimentaires; boucle rostrale petite. Segment préanal séparé du segment précédent par un profond sillon et se prolongeant en arrière en deux gros tubercules proéminents armés de quelques épines. De chaque côté du corps, nombreux orifices glandulaires formant une bande continue dans la région antérieure, mais se groupant en arrière en larges massifs correspondant à chacun des segments abdominaux.

Habitat. — Sur *Phragmites gigantea,* à Agay (Var).

Outre les espèces précédentes, j'ai récolté quelques Cochenilles déjà décrites, mais qui n'avaient pas encore été signalées en France :

Macrocerococcus superbus Leon., 1907, commun à la base de plantes fort diverses (*Lepidium draba, Alyssum mediterraneum, Lotus, Fumaria major, Ceterach officinalis, Antirrhinum latifolium,* etc.), sur le littoral de Provence et en Corse.

Hemiberlesia minima Leon., 1896, sur feuilles de *Quercus ilex* et de *Quercus suber* (Corse).

Mytilaspis bambusæ Kuwana, 1902, en abondance sur *Bambusa aurea,* à Nice.

Chionaspis Berlesi Leon., 1898, sur *Asparagus acutifolius* (Var et Corse).

ZOOLOGIE. — *Sur un nouveau genre de Zeidés.* Note de M. **A. Cligny**, présentée par M. Henneguy.

Un chalutier de Boulogne a capturé au Maroc, dans les parages du cap Juby et par 300^{m} de fond, un Zeidé nouveau qui mesure 58^{cm} de long, caudale comprise, et 50^{cm} sans la caudale.

Il est entièrement privé d'écailles et possède des boucliers dermiques au bord de l'abdomen, à la base des nageoires dorsales et anale; ces plaques s'étendent à la base même de la dorsale épineuse, comme chez les *Zenopsis*.

Mais ce type se distingue de tous les Zeidés parce qu'il possède une épine et cinq rayons mous seulement aux ventrales, alors que la famille est caractérisée notamment par la présence de six à neuf rayons mous aux ventrales. Seul, l'*Oreosoma atlanticum* G. et V. posséderait pareillement cinq rayons mous; mais cette espèce est connue seulement par les deux individus du Muséum qui mesurent 30^{mm} et 68^{mm} et sont évidemment des jeunes (1).

En outre, notre type diffère des *Zenopsis* sur un point important : il a, comme eux, trois épines anales; mais les deux premières seules sont mobiles et correspondent vraiment à des rayons de nageoire; la troisième est fixe et appartient en réalité à un bouclier dermique impair analogue à ceux qui, plus loin, garnissent par paires la base de l'anale molle.

Ces deux caractères nous paraissent justifier la création, dans la tribu des *Zeinæ,* d'un genre nouveau :

Parazenopsis n. g. — Corps élevé, comprimé, ovale, entièrement privé d'écailles, mais possédant des boucliers osseux à la base des deux nageoires dorsales, sur tout le bord ventral, et à la base de l'anale molle. Épines très rares et fort petites sur la tête; pas d'autres épines sur le corps que celles qui arment la plupart des boucliers. Première dorsale élevée, triangulaire, soutenue par neuf rayons épineux robustes. Seconde dorsale longue et régulière, avec vingt-six rayons articulés et simples. Trois épines anales dont la dernière est la pointe d'un écusson sous-cutané. Anale molle identique à la deuxième dorsale. Pectorale subaiguë avec treize rayons, tous simples. Ventrales formées d'une épine et cinq rayons mous. Caudale puissante, échancrée, portée par un étroit pédoncule spatulé. Type : *Parazenopsis argenteus.*

---

(1) Peut-être, d'après G. A. Boulenger, les jeunes d'un *Cyttosoma verrucosum* Gilchrist, dont l'adulte possède sept rayons mous aux ventrales. (*Comptes rendus,* t. CXXXVII, p. 523.)

Parazenopsis argenteus n. sp. — Les formes et proportions sont celles des *Zeus faber* de nos côtes; la tête est semblable, mais plus lisse encore, n'ayant d'épines qu'autour de l'orbite, et les crêtes occipitales étant complètement dissimulées sous une masse nuchale convexe. La bouche est fort protractile avec des dents plus fortes que celles du *Zeus*.

La première dorsale est soutenue par neuf épines robustes, qui sont alternativement développées à droite et à gauche de la membrane; les trois premiers sont plus rapprochés à leur base que les suivants. Chaque épine est doublée d'un rayon crinoïde; mais il ne semble pas, toutefois, que la membrane ait été prolongée par les lobes rubanés du *Zeus* ou des *Zenopsis*. La seconde dorsale est presque moitié plus longue que la première, mais beaucoup moins haute; elle possède vingt-six rayons simples subégaux. La base des dorsales est armée de boucliers osseux, striés radialement; ils ont généralement, près du bord supérieur, une robuste épine mousse inclinée vers le haut et l'arrière, et qui porte parfois, à l'avant de sa base, une petite épine supplémentaire. On observe à droite un premier écusson allant du quatrième au septième rayon épineux, et un second allant du septième épineux au premier rayon mou; ces deux écussons sont inermes; ensuite viennent, sous la seconde dorsale, cinq écussons épineux. Du côté gauche, il n'y a qu'un seul écusson sous la base de la première dorsale; mais il est fort grand, et s'étend du cinquième au huitième épineux; après un intervalle, et commençant au premier rayon mou, vient une série de cinq écussons épineux.

Au rebord thoracique, et jusqu'aux ventrales, se trouvent trois écussons pliés de taille croissante, formant carène, là où le *Zenopsis ocellatus* n'en a que deux. Les ventrales mesurent les deux tiers de la distance qui sépare leur aisselle de l'anus; elles ont un rayon épineux long et grêle, quatre rayons mous parfaitement individualisés à leur base et se bifurquant assez tard, puis un cinquième rayon mou, simple et très grêle.

Des ventrales à l'anus, le rebord abdominal est protégé par des plaques dermiques dont la première est impaire et les suivantes forment six paires assez peu symétriques.

Les deux rayons épineux de l'anale sont très rapprochés à leur base, subégaux et convexes à leur bord antérieur; la troisième épine est rejetée beaucoup plus loin, fort couchée en arrière, avec son bord antérieur concave; elle est immobile et appartient sans doute à un écusson sous-cutané qu'on peut explorer avec une aiguille; elle est d'ailleurs incluse dans la membrane, très abaissée à ce niveau, qui réunit les rayons épineux et les rayons mous de l'anale.

L'anale molle est rigoureusement identique et symétrique à la dorsale molle; comme celle-ci, elle est flanquée de cinq paires d'écussons.

Le corps est d'un gris argenté, plus sombre dans la moitié dorsale, plus clair dans la partie ventrale; il n'y a pas trace de la tache noire scapulaire si frappante chez le *Zeus* et le *Zenopsis*.

En même temps que le type, les pêcheurs avaient pris un autre individu un peu plus petit et légèrement mutilé qui fut rejeté à la mer. Les *Zeus faber* se rencontrent en quantité appréciable dans les mêmes parages.

GÉOLOGIE. — *Sur la composition de l'Éocène inférieur dans le sud et le centre de la Tunisie et de l'Algérie.* Note de M. **J. Roussel.**

L'Éocène inférieur, dans le sud et le centre de la Tunisie et de l'Algérie, se superpose régulièrement au Danien et celui-ci au Maëstrichtien.

Le Maëstrichtien est le plus souvent composé d'un calcaire jaune nankin comme dans les Pyrénées de la Haute-Garonne. Il contient, à la base, *Spondylus* et *Pyrina ovulum* (Aïn Mrata), à la partie supérieure, *Orbitoïdes* (Aïn Mrata), et à tous les niveaux et partout, *Inoceramus Cripsi*. En plusieurs points le calcaire cède la place à des marnes et à des calcaires marneux qui, dans certains cas, sont phosphatés. Et le tout vient à la suite des marnes campaniennes à *Ostrea dichotoma*.

Le Danien renferme les derniers Ammonitidés (Maadit). Les fossiles les plus communs à ce niveau sont : *Venericardia Coquandi, Cardium* cf. *hillanum,* une Cyrène qui rappelle le *C. garumnica* des Pyrénées, etc. Ces fossiles sont contenus dans des calcaires marneux qui alternent avec des marnes d'un noir ou d'un jaune ocreux caractéristique.

L'Éocène inférieur commence par des marnes jaunâtres d'une épaisseur moyenne de 100^m. Quelquefois celles-ci existent seules. Mais au Maadit, à Tocqueville, dans les montagnes de Gafsa et de Négrine, au Djebel el Ank, etc., la base de cette assise contient de gros bancs de calcaire qui alternent avec les marnes ou existent seuls. Ces calcaires sont absolument pétris d'huîtres et, dans les montagnes de Gafsa et surtout dans celles de Négrine, par de nombreux *Echinanthus* et quelques rares *Schizaster.* L'un des *Ostrea* n'est autre que l'*Ostrea uncifera* qui, dans les Pyrénées, accompagne les *Echinanthus.* Un autre *Ostrea* est l'*O. multicostata,* qui abonde dans les assises suivantes. A la partie supérieure, les huîtres deviennent rares et, dans certains cas, disparaissent complètement. Lorsqu'il en est ainsi, on voit le calcaire se charger de Lucines (Kef Felj el Zebel) et alterner avec des marnes et des gypses, et l'assise se termine par des bancs d'un calcaire coloré en rouge brun par l'oxyde de fer ou en noir par l'oxyde de manganèse. Dans les montagnes de Négrine, et notamment au Kef Felj el Zebel, au nord de Tamerza, les calcaires ainsi colorés sont pétris de fossiles lacustres.

Au-dessus de ces derniers calcaires, partout les marnes existent seules, mais sont réduites à quelques mètres d'épaisseur. Ce sont ces marnes qui contiennent les premières lentilles de ces phosphates tricalciques, découverts par M. Thomas, et exploités activement en Algérie et en Tunisie.

A la suite des marnes sont des calcaires avec silex disposés tantôt en petits bancs et tantôt en gros bancs. Ces calcaires contiennent des Nummulites qui n'existent qu'en quelques points; mais presque partout on y retrouve l'*Ostrea multicostata* déjà signalé plus bas, et qui, dans l'horizon actuel, forme parfois, à lui seul, la roche entière. C'est à ce niveau que sont la plupart des phosphates exploités. Ils remplacent les calcaires

et les silex : lorsqu'ils se développent, ceux-ci disparaissent et inversement. *Les phosphates sont partout sous forme de lentilles.* A la base de cette assise, j'ai retrouvé, dans les montagnes de Cherria, au Djebel el Ank, dans les montagnes de Gafsa et de Négrine, etc., un banc de calcaire, de $0^m,50$ d'épaisseur, pétri de Cérithes longs et turriculés, très souvent remplacés par des Natices et surtout par des *Fusus* voisins du *Fusus longævus* et du *Fusus bulbiformis* du bassin de Paris et des Pyrénées françaises.

Au-dessus de ces calcaires et de ces phosphates on retrouve, dans beaucoup de cas, de grandes masses de silex noirs disposés en couches continues et à la base desquels existent des lentilles d'un phosphate noir très dur, d'un degré élevé en acide phosphorique lorsqu'il n'est pas trop siliceux, et uniquement exploité à Tocqueville et à Bordj-Rhédir, où il est puissamment développé.

L'Éocène inférieur se termine par des calcaires à *Nummulites atacicus, Nummulites Rollandi* et *Ostrea multicostata :* dans la plupart des cas, en Algérie, les Nummulites manquent; mais l'*Ostrea multicostata* existe partout.

A l'Éocène inférieur se superpose, le plus souvent, l'Éocène moyen. Dans les montagnes de Gafsa et de Négrine, il est formé par des marnes et des calcaires qui alternent avec de nombreuses couches de gypse, le tout peu fossilifère. Ailleurs les gypses deviennent rares ou font défaut; mais alors les calcaires sont pétris d'huîtres, et parmi celles-ci j'ai reconnu, jusque dans l'assise la plus élevée, cette variété d'*Ostrea multicostata* qui est de petite taille et abonde dans les Pyrénées au même niveau, où elle est connue sous le nom d'*Ostrea stricticosta* Raulin.

GÉOLOGIE. — *Sur l'escarpement crétacé du sud-ouest du bassin de Paris.* Note de M. **Jules Welsch**, présentée par M. Michel Lévy.

En allant de Poitiers à Angers, dès qu'on a quitté les vallées du Clain et de son affluent, l'Auxance, on se trouve, autour de Neuville, sur le plateau de calcaires jurassiques, qui se continue au Nord-Ouest par les *plaines* d'Assais et de Thouars. On voit sur la droite une ligne de hauteurs dont l'aspect crayeux est sensiblement différent de celui de la plaine de terre rouge sur laquelle on se trouve. Ces hauteurs ne forment pas des collines en groupes détachés, mais elles se suivent, constituant une sorte d'escarpement terminal des assises crétacées du Sud-Ouest du Bassin parisien.

Je vais donner quelques détails sur leur constitution géologique, leur étendue actuelle et dans le passé, leur aspect général et les rapports qui existent entre leur talus terminal et d'autres traits géographiques analogues.

Dans son ensemble, la formation crétacée montre une inclinaison générale et très faible vers le Nord, sauf le cas de dislocations locales; elle comprend, de bas en haut, les assises suivantes :

1° Sables fins verdâtres, épais de 30^m à 50^m, avec des bancs d'argile intercalés à divers niveaux; les fossiles indiquent le Cénomanien inférieur.

2° Marnes blanches à Ostracées, représentant le Cénomanien supérieur; l'épaisseur atteint 20^m; elle est très uniforme.

3° La craie turonienne, qui vient au-dessous, est représentée par deux assises : la craie marneuse à Inocérames, qui est une roche assez blanche et légère, et la craie-tuffeau de l'Anjou. Celle-ci est blanc-grisâtre ou blanc-verdâtre, micacée, tendre, poreuse; en séchant, elle devient blanche; on y voit souvent des zones plus tendres et des lits de silex; on y exploite des carrières souterraines; des habitations y sont creusées. L'épaisseur totale de cette partie peut atteindre 40^m à 50^m.

4° Au-dessus, il y a, par place, des couches plus ou moins importantes, ou bien seulement des restes, de tuffeau sableux représentant le turonien supérieur, des sables et grès du Sénonien, des argiles de décalcification à silex et des débris du terrain de transport des plateaux.

L'aspect de la région change suivant l'assise géologique considérée. Le plateau calcaire jurassique est en général découvert. Les sables plus ou moins argileux du Cénomanien constituent une région basse, ondulée, mamelonnée, qui a été facilement déblayée par les eaux; les meilleurs sols constituent des terres douces, faciles à travailler, mais dépourvues de calcaire; on y voit des bois et de nombreuses cultures maraîchères. Les autres assises : marnes blanches, craie marneuse et craie-tuffeau, donnent à leur affleurement des terres calcaires de couleur claire, dites *aubues* dans le pays; la marne blanche donne une *aubue* plus *grasse* que les deux assises supérieures, où l'*aubue* est plus *sèche;* ce mot *aubue* indique un sol blanchâtre comme celui des falaises d'Angleterre sur la Manche et a certainement une même origine que le mot *Albion*. Le Turonien (craie marneuse et tuffeau) est formé de couches plus dures qui ont mieux résisté à l'érosion; il constitue la masse principale de l'escarpement, qui est le plus souvent cultivée et découverte. Les formations qui sont au-dessus affleurent à la partie supérieure des coteaux ou sur les plateaux que limite l'escarpement.

Cette ligne structurale commence à Beaumont, sur la rive gauche du Clain, au nord de Poitiers; elle se continue par Mirebeau, le Puy-d'Ardanne près Loudun, Glenouze, Curçay vers le Puy-Notre-Dame. Une dislocation, dite *faille du Loudunais,* interrompt à ce moment la continuité des couches crétacées en faisant apparaître le Jurassique; mais l'escarpement se retrouve faisant le tour de l'affleurement plus ancien. Au Sud, le coteau, plus ou

moins interrompu par les cours d'eau, qu'on peut suivre du Puy-Notre-Dame à Saint-Léger-de-Montbrillais, est dénommé la *côte d'aubue* dans le pays. Au nord du Jurassique, on revoit l'escarpement de Marçay à Puys-Blancs, Brézé, Montfort, etc.; il disparaît à Saint-Saturnin, au sud de la Loire, près Angers.

Au nord du fleuve on en trouve des restes, comme à Seiches; à l'Est de la vallée du Clain, les terrains tertiaires empêchent de le suivre vers le Nord du Berry.

En avant de la côte crayeuse, c'est-à-dire au Sud-Ouest, il y a des îlots de même nature, je citerai Saint-Léger-de-Montbrun et Tourtenay; ce sont des restes qui montrent l'ancienne extension des dépôts crétacés et le grand rôle de l'érosion non marine et de la dissolution par les eaux atmosphériques.

Sur le terme « escarpement ». — Ce genre de plate-forme monoclinale dissymétrique, dont je viens d'étudier un cas particulier, possède toujours un versant plus allongé coïncidant avec le plongement des couches plus dures, tandis que le versant raide répond à la tranche des couches; il a été désigné sous le nom de *cuesta* par W.-M. Davis; j'ai employé cette expression à propos de structures analogues au Sud de Niort. M. Suess s'est servi du mot *glint* dans son grand Ouvrage sur la *Face de la Terre* pour indiquer le talus terminal d'une plate-forme. On a employé autrefois le terme *falaise;* mais il vaut mieux réserver ce mot pour les talus à pic du bord de la mer et pour ceux qui résultent de l'érosion marine, comme l'a montré W. Whitaker en 1867. En langue anglaise, *escarpment* a prévalu. Il me semble qu'en France on peut introduire, d'une façon définitive, le mot analogue *escarpement,* pour définir la hauteur suivant laquelle une formation est coupée, et au delà de laquelle elle ne s'étend plus, sauf sous la forme de témoins détachés, le talus étant produit par dénudation et non par fracture.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des calcaires primaires des Pyrénées-Orientales.* Note de M. O. MENGEL, présentée par M. Michel Lévy.

Dans les *Comptes rendus des Collaborateurs de la Carte géologique* (années 1906 et 1907), j'ai inséré deux cartes donnant une idée de la répartition des calcaires primaires dans la partie orientale des Pyrénées. Les affleurements de ces calcaires se montrent sous deux aspects, d'allure et de facies différents. Les uns, qui comprennent toute la série des calcaires dévoniens

et quelques rares calcaires carbonifères, sont en bandes *larges* (Villefranche-du-Conflent à la vallée de Galbe, Camprodon à la Seu de Urgel) ou en lambeaux, en superposition généralement normale sur la série schisteuse silurienne, sauf en quelques points, tels que l'extrémité sud-est du Causse de Thuir, le bord nord-ouest du lambeau situé entre Llauro et Oms. Les autres dessinent des bandes *longues et étroites* de calcschistes, de calcaires en plaquettes ou en dalles, au milieu de schistes siluriens fortement redressés ou contournés, dans lesquels il devient d'autant plus difficile de suivre la série sédimentaire qu'on se rapproche davantage de la zone de métamorphisme général, c'est-à-dire de l'axe de la chaîne.

Pour plus de simplicité dans la discussion qui suit, je désignerai les premiers de ces calcaires sous le nom de *calcaires* N, pour rappeler leur aspect en nappes, d'ailleurs fort ondulées et avec plis parfois très aigus, tandis que les seconds, qui semblent correspondre à la *dalle* des anciens auteurs, seront les *calcaires* D. C'est la détermination de l'âge de ces derniers qui fait l'objet de cette Note.

La similitude d'allure et de composition que présentent entre eux les *calcaires* D, qu'on voit sillonner en longues bandes le pourtour des principaux massifs, conduit à penser qu'ils appartiennent à la même formation sédimentaire; mais y a-t-il synchronisme entre leur dépôt et celui des *calcaires* N? *A priori*, la différence d'allure et de facies semble écarter toute assimilation. Cependant, la continuité topographique que mes cartes mettent en évidence entre les principales bandes des deux calcaires incite à penser que le passage de l'un à l'autre, tel qu'il se produit, un peu brusquement il est vrai, de part et d'autre du Canigou (au Col de la Boixeda, près Camprodon, et au Pla de l'Artigue, près Taurinya), tient plutôt à une différence d'actions dynamiques qu'à une différence d'origine stratigraphique. D'autre part, la découverte que je fis, dans des calcaires D extérieurs à la zone métamorphique, de fragments à Encrines absolument identiques à ceux qu'on rencontre en abondance à la base des calcaires N, m'a porté à penser que ces calcaires pouvaient être synchroniques [1]. Je sais bien que quelques auteurs ont signalé des calcaires à Encrines dans l'Ordovicien; mais, à en juger par la diversité d'aspect que présentent entre eux

---

[1] Je rappellerai aussi que j'ai déjà signalé des calcaires griotteux en pleine région métamorphique, au sud-ouest de Formiguères; je les ai également revus dans la région du Puigmal, dans la bande qui, de Nuria, vient aboutir et disparaître à Osseja, après avoir contourné le Puigmal au Sud.

les divers calcaires à Encrines qu'on rencontre, dans cette région, du Gothlandien au Carbonifère, je doute que des calcaires à Encrines du Silurien moyen présentent une analogie aussi parfaite avec ceux du Coblentzien que ceux que j'ai rencontrés. J'ajouterai qu'après avoir envisagé l'hypothèse de l'existence de calcaires siluriens dans la partie nord-est du Canigou, j'ai dû l'abandonner, l'étude de la série schisteuse ne me permettant pas de voir où pourraient venir s'intercaler les calcaires D considérés comme siluriens (1).

Partant de cette idée que la différence d'allure n'était due qu'à des différences d'effets tectoniques et que le changement de facies était plutôt imputable au métamorphisme, je me suis appliqué, au cours de ma campagne dernière sur la feuille de Prades, à revoir les bandes de calcaire D qui pouvaient me conduire progressivement en dehors des régions métamorphiques et aux points où l'étirement et l'écrasement deviennent moins intenses.

C'est ainsi que, de Corneilla-du-Conflent, j'arrivai à la région du Mas Coubris, sur le bord sud du Causse de Thuir, où, à une centaine de mètres des calcaires N de la Coume d'Abeille, vient s'arrêter la bande de calcaire D que je dénommerai *bande Corneilla-Coubris*. Là, elle est constituée par une alternance de petits lits de calcschistes à grauwacke, de *calcaires griotteux*, de calcaires blanc rosé ou jaune cire, rappelant la grauwacke et les calcaires griotteux caractéristiques, dans la région dont je m'occupe, de la base des calcaires N et que je rapporte au Dévonien inférieur. Ces alternances, qu'on observe suivant la largeur de la bande, sont d'ailleurs plus apparentes que réelles. La coupe naturelle qu'offre l'extrémité même de cette bande montre qu'elles résultent de l'écrasement d'un *ensemble synclinal*, mais qui, à première vue, paraît un anticlinal, en raison de l'étirement des deux plis synclinaux latéraux qui bordent un anticlinal médian prépondérant. Or, dans l'axe de cet anticlinal, affleurent des schistes violacés à surface de clivage d'aspect fibreux, dont la texture rappelle celle des schistes gothlandiens sous-jacents à certains affleurements de calcaires N des régions de Camélas, Oms, etc. Dans un autre affleurement de ces mêmes schistes, situé à une centaine de mètres de là, sur le bord de la zone calcaire, j'ai remarqué, entre celle-ci et les schistes en question, une zone rougeâtre renfermant des fragments écrasés de nodules calcaires noirs zonés, dans lesquels je crois reconnaître les nodules à Orthocères et Graptolites, si caractéristiques du Gothlandien supérieur. D'autre part, les schistes violacés reposent sur une épaisse formation schisto-quartzeuse, qui montre les divers termes de la série ordovicienne de la région. Un peu à l'Ouest, au Mas Planès, j'ai trouvé, en place, des calcaires blancs à tiges noires d'Encrines et, parmi les pierres des champs, un fragment de calcaire noir sûrement gothlandien avec section de gros Orthocères, ainsi que des morceaux d'un calcaire rosé pétri de sections spathiques jaunâtres de petites tiges d'Encrines, qui appartient incontestablement au Dévonien.

(1) Toutefois, je ne mets pas en doute l'existence de calcaires dans le Silurien moyen et inférieur des Pyrénées, car je serais même tenté d'y rapporter quelques calcaires de la région de Llansa et de la Selva de Mar.

Si l'on suit la bande vers l'Ouest, en se laissant guider par la traînée de schistes noirs de la formation schisto-quartzeuse qui restent en son voisinage, on voit le calcaire, à partir du Col de l'Alzine, prendre l'aspect cristallin noirâtre qu'on est habitué à lui voir dans les calcaires D des régions métamorphiques. En même temps, les schistes encaissants se chargent en micas et la bande se redresse, affleurant sur les sommets aussi bien qu'au fond des ravins qu'elle traverse; toutefois, la structure griottique qu'on rencontre au Col de la Llauze (600^m) s'observe difficilement dans les fragments calcaires écrasés au milieu des schistes du fond des vallées (250^m). Vers Rigarda, on retrouve les Encrines; mais, à partir de là, la bande calcaire est fréquemment cachée par les terrains de transport, et l'allure des schistes voisins peut seule donner une idée de sa direction vers Taurinya. Là, on retrouve les calcaires D, que l'on voit plonger sous une lame de phyllades gneissiques et constituer le flanc sud écrasé d'un anticlinal silurien donnant, vers Corneilla, le gisement fossilifère bien connu de grauwacke à *Orthis Actoniæ*.

Cet ensemble de faits me paraît fournir des arguments extrêmement sérieux en faveur du synchronisme des calcaires D de la bande Corneilla-Coubris avec les calcaires N. D'ailleurs, cette bande est, je crois, la seule qui, en raison de son éloignement de la zone métamorphique dans une portion de son trajet, puisse se prêter efficacement au genre d'analyse que j'en viens de faire. Cependant, un alignement calcaire Calmeilles-Reyroux, au sud d'Oms, ainsi que plusieurs bandes situées plus au Sud, entre le pont de Reynès et Reynès, permettent aussi de faire des constatations analogues, bien que moins complètes.

GÉOLOGIE. — *Note sur le Crétacé supérieur du bassin de la Seybouse et des hautes plaines limitrophes* (*Algérie*). Note de M. **J. Blayac**, présentée par M. Michel Lévy.

Si le Crétacé supérieur du Sud-Algérien entre Tébessa et Batna est assez bien connu, grâce aux travaux de Coquand et de Peron, celui qui lui fait suite au nord dans la région des hautes plaines d'Aïn-Beïda et dans le Tell (bassin de la Seybouse) a été peu étudié. En effet, il manque de fossiles, alors que celui du sud, qui est sous un facies nettement néritique, offre de riches faunes d'Échinides, de Lamellibranches, de Gastropodes, etc.

Dans le nord, le facies est différent : durant tout le Crétacé supérieur (Sénonien, Danien), le géosynclinal nord-africain qui était peu profond et probablement en partie exondé au Turonien, s'approfondit à nouveau, tout en s'élargissant vers le Sud, au delà des limites du Tell, dans les régions qui font l'objet de cette Note.

Au cours de mes études pour le Service de la Carte géologique de l'Algérie, j'ai pu distinguer dans le bassin de la Seybouse et à ses abords deux facies du Sénonien assez distincts : l'un, *nettement bathyal*, se développe au nord dans les hautes vallées de la Medjerda (Souk-Ahras) et dans les territoires de la vallée proprement dite de la Seybouse (Duvivier, Guelma et le nord de la Mahouna, Medjez Amar, Bordj-Sabbath, etc.); il a beaucoup d'analogies avec celui du nord de la Tunisie, désigné *facies septentrional* par M. Pervinquière; l'autre, qui appartient aux vallées du Cherf (Cheniour, etc.), aux plaines des Harectas et aux chaînons des Chebka à structure imbriquée, présente dès sa base un caractère mi-bathyal, mi-néritique. Il se relie à celui de la Tunisie centrale (*faciès central*).

1° Facies septentrional. — Entre le Cénomanien inférieur à Ammonites pyriteuses dont j'ai parlé antérieurement (*Comptes rendus*, 23 juillet 1906) et les premières couches, renfermant des traces de fossiles sénoniens, je n'ai pas constaté de discordance apparente : on passe des marno-calcaires cénomaniens aux marno-calcaires sénoniens par des couches de même nature de très faible épaisseur et sans fossiles; la tectonique y est très compliquée, des plis empilés et même chevauchés (flanc sud du Djebel Debar, Medjez Amar, etc.) y sont fréquents; mais il est probable que, Cénomanien inférieur et Sénonien étant séparés par des sédiments de quelques mètres d'épaisseur, le Turonien doit faire défaut.

On peut faire commencer le Sénonien par des marnes grisâtres alternant avec de petits bancs calcaires dans lesquels se trouvent *Inoceramus Cripsi, Inoc. regularis* et leurs variétés. Cet ensemble supporte des calcaires blancs en dalles (20^m à 30^m) qui renferment à leur base ces mêmes Inocérames et qui, dans leurs bancs supérieurs, aux environs de Souk-Ahras, m'ont fourni *Stegaster Bouillei* et *Entomaster Rousseli*. C'est probablement de ce même niveau que proviennent *Guettaria Angladei* et *Ent. Rousseli* décrits par Gauthier, de Guettar el Aïch (près Constantine). Ces fossiles représentent le *Campanien*.

Au-dessus on voit, aux environs de Guelma, à Medjez Amar et plus à l'Ouest, des calcaires bleuâtres qui, par place, passent à des marnes grises dans lesquelles j'ai recueilli une faunule très remarquable d'Échinides de petite taille appartenant aux genres *Cardiaster*, *Ovulaster*, *Lambertiaster*, *Homœaster* et à un genre nouveau, voisin de *Stegaster*, que M. Lambert a bien voulu étudier. Les espèces connues sont : *Cardiaster subtrigonatus, Ovulaster Auberti, Lambertiaster Auberti, Homœaster tunetanus*. Mon ami, M. Cottreau, qui a vérifié mes déterminations, a reconnu dans mes récoltes un certain nombre de variétés intéressantes d'*Ovulaster Auberti* et deux espèces nouvelles, l'une d'*Ovulaster* et l'autre d'*Homœaster*. Avec ces Échinides se rencontrent quelques rares débris d'un Rudiste, *Radiolites* cf. *angeiodes*.

Cette faune appartient indubitablement au *Maëstrichtien* et n'avait pas encore été découverte en Algérie.

Mon confrère, M. Dareste, auquel je l'ai montrée en janvier dernier, a

trouvé dans la suite, parmi des matériaux recueillis par lui aux mêmes environs de Guelma, deux échantillons d'Oursins que M. Lambert attribue, l'un à *Ovulaster Zignoi*, l'autre à *Cardiaster subtrigonatus;* il a annoncé, trop vite je crois, d'après ces deux espèces, la présence certaine du Danien dans cette région, car ces deux fossiles et ceux plus nombreux trouvés *antérieurement par moi* (1902) dans la même contrée, se rencontrent sous le Danien dans la Scaglia de l'Apennin central et des Alpes calcaires méridionales, dans le nord de la Tunisie, etc., et sont considérés comme bien caractéristiques du Maëstrichtien.

De même qu'en Italie et en Tunisie, ces Échinides du nord du bassin de la Seybouse ne sont jamais associés aux genres *Micraster*, *Hemiaster*, *Hemipneustes* si répandus dans les formations néritiques de même âge; ils vivaient certainement à des profondeurs plus grandes que ceux-ci.

Au-dessus de ce Maëstrichtien et en concordance avec lui, existent encore des marnes sans fossiles qui paraissent en continuité de sédimentation avec des dépôts marno-calcaires sus-jacents où se montrent des fossiles nettement tertiaires, notamment *Nummulites planulatus*. Ces marnes, parfois assez épaisses, sont probablement daniennes à leur base et tertiaires à leur sommet. M. Pervinquière a d'ailleurs observé en Tunisie les mêmes faits, heureusement contrôlés par des fossiles daniens. Je dois cependant indiquer qu'en certains points, notamment à Souk-Ahras (Dekma, Tarja, etc.), il semble y avoir une lacune correspondant soit au Danien et à l'Éocène inférieur, soit seulement à ce dernier.

2° Facies central. — Quand on gagne le centre et le sud du bassin et les hautes plaines voisines, on rencontre à la base du Sénonien, très pauvre en restes organiques, quelques fossiles indiquant une moins grande profondeur de la mer : *Mortoniceras texanum, Micraster Peini* et *Hemiaster* cf. *superbissimus* (rares), *Radiolites angeiodes*.

Entre ce Sénonien inférieur et le Cénomanien qui est, lui, sous un facies néritique très franc, comme je l'ai déjà indiqué (*Comptes rendus*, 23 juillet 1906), se développent des sédiments marno-calcaires, sans fossiles, qui augmentent d'épaisseur à mesure qu'on va vers le Sud; ils représentent probablement le Turonien.

Aux couches à *Mortoniceras texanum* succèdent des calcaires blancs en dalles, connus sous le nom de *calcaires à Inocerames*. On y trouve *In. Cripsi*, *In. regularis* et leurs nombreuses variétés. Ces calcaires atteignent jusqu'à 80^m et plus. Les fossiles autres que les Inocérames y sont extrêmement rares; j'y ai trouvé de rares débris de *Stegaster* et d'*Ananchytes*.

Les calcaires bleus et les marnes à *Ovulaster* du Nord font défaut, mais le passage au Tertiaire se fait ici sûrement sans discontinuité de sédimentation par des marnes que supportent des calcaires à silex et des calcaires compacts où j'ai recueilli *Num-*

mulites planulatus (Chebka, haute vallée du Cherf, etc.). Il y a largement la place, au-dessous de ces calcaires, pour le Maëstrichtien et le Danien.

Pour atteindre le Sénonien néritique franc, il faut aller jusqu'aux pieds de l'Aurès. On voit donc qu'à cette époque le géosynclinal tellien était plus large qu'aux époques crétacées précédentes, car son bord sud dépassait de beaucoup les limites du Tell.

OCÉANOGRAPHIE. — *Analyse de fonds sous-marins arctiques.* Note de M. **J. Thoulet**.

Pendant la campagne arctique exécutée en 1907 par le duc d'Orléans à bord de la *Belgica*, commandée par M. de Gerlache, dans les mers de Mourmane, de Kara et de Barents, des fonds marins ont été recueillis principalement sur la côte sud-est de la Nouvelle-Zemble, à la Porte de Kara et tout au nord de l'île. On a bien voulu me confier l'analyse de 19 de ces fonds, venant de profondeurs comprises entre 90^{m} et 140^{m}.

Ces fonds possèdent les caractères typiques de ceux de l'océan Glacial arctique. Leur aspect est celui de vases tantôt grises et tantôt brunes, colorations qu'on sait être en relation avec les phénomènes d'exhaussement et d'affaissement subis par les régions continentales voisines et avec la rapidité variable de la sédimentation qui en est la conséquence; leur teneur en sable à grains de dimensions uniformes et très fins ($0^{mm},10$-$0^{mm},05$) dépasse rarement 10 pour 100; ils sont remarquablement pauvres en carbonate de chaux, dont la proportion reste comprise entre 1 et 3 pour 100, ainsi qu'en argile dans le sens minéralogique du mot, car la matière qui en offre l'apparence est en réalité une masse de grains minéraux de la plus extrême finesse mélangée à des grains de feldspath plus ou moins décomposé et bourré de parcelles de magnétite. Dans le sable, la proportion des minéraux lourds (densité supérieure à 2,8) est très petite par rapport aux minéraux légers (densité inférieure à 2,8).

Les minéraux lourds qu'on trouve à peu près partout sont : grenat, épidote, actinote, pyroxène, tourmaline, staurotide, magnétite, hornblende; mais on rencontre en outre, quoique plus rarement, andalousite, ilménite, sphène, péridot, augite, sillimanite, apatite et, très rarement, corindon, zircon, hématite, topaze, biotite, muscovite, ouvarowite, rutile, disthène, serpentine, chlorite, glauconie, axinite et allanite.

Les minéraux légers sont : quartz hyalin, quartz cristallinique (plus rare), orthose (rare), plagioclase et magma basaltique (très abondants).

Cette composition est celle des basaltes.

Les restes d'êtres organisés sont de la plus extrême rareté; ils consistent en foraminifères calcaires, coquilles, spicules d'éponges, becs de céphalopodes et diatomées.

Les 19 échantillons peuvent être séparés en quatre groupes, dont la constitution est remarquablement la même pour ceux d'un même groupe, chacun étant nettement cantonné dans une région déterminée.

Les 5 fonds de la côte de la Nouvelle-Zemble, par les divers minéraux qui les constituent montrent qu'ils sont les plus voisins d'un important gisement de basalte. Les 8 fonds plus éloignés de terre et plus au Sud sont assez analogues aux précédents, mais encore plus riches en grenats. Ces deux groupes sont déposés dans une région de remous à l'abri de la côte de l'île.

Les 3 fonds de la Porte de Kara sont placés sur le trajet du courant qui traverse le détroit et balaie devant lui les parties les plus légères de la vase, dont la proportion est ainsi diminuée. Ce courant crée des conditions d'existence un peu moins défavorables à la faune dont les restes sont un peu plus abondants.

Les 4 fonds de la mer de Barents, au nord et au nord-ouest de l'île, se distinguent des précédents par l'augmentation de leur teneur en vase, leur plus grande pauvreté en calcaire et leur proportion différente du magma basaltique léger attirable à l'électro-aimant à 2 ampères.

En définitive l'étude de ces échantillons montre une fois de plus que, grâce à l'analyse des minéraux en grains, à la rapidité et à la précision avec lesquelles on établit sous le microscope le diagnostic des éléments composants, l'étude d'un fond actuel permet de s'éclairer sur les conditions des continents voisins des gisements sous-marins. La même remarque est applicable aux roches sédimentaires géologiques, anciens fonds de mer maintenant exondés.

OCÉANOGRAPHIE. — *Étude lithologique des fonds de l'étang de Thau.* Note de M. L. **Sudry**.

Une centaine d'échantillons de sédiments de l'étang de Thau et de ses bords ont été recueillis et analysés d'après la méthode de M. le professeur Thoulet. Quelques observations résultant de ces analyses semblent devoir être assez générales et s'appliquer tout au moins aux lagunes, aux étangs et à tous les petits bassins peu profonds.

Lorsque l'agitation de l'eau devient de plus en plus forte, c'est-à-dire lorsque la profondeur devient de plus en plus faible, on constate :

1° L'augmentation du gravier et du sable, la diminution de l'argile;

2° Parmi les minéraux, l'accroissement, dans les portions les plus fines, de la quantité de lourds (densité supérieure à 2,8) par rapport aux légers (densité inférieure à 2,8);

3° Le plus souvent, l'augmentation de la proportion de calcaire;

4° L'oxydation du sulfure de fer formé par l'intermédiaire des substances organiques aux dépens des sulfates de l'eau de mer et du fer des sédiments.

En résumé les mouvements des eaux ont deux effets : une lévigation naturelle et une différence entre les réactions chimiques susceptibles de s'accomplir dans les eaux aérées ou dans les eaux stagnantes, en comprenant parmi les réactions chimiques celles qui nécessitent l'intervention d'êtres organisés.

Comme le montre la Carte lithologique qui a pu être établie d'après une suite d'analyses précises, le fond de l'étang est constitué par des zones de sable, de sable vaseux, de vase très sableuse, de vase sableuse, qui se succèdent sensiblement parallèles aux isobathes jusqu'à la vase proprement dite, médiocrement calcaire et riche en sulfure de fer, occupant toute la partie centrale et profonde.

La côte septentrionale étant abritée contre le mistral par de petites falaises, le sable proprement dit y fait presque complètement défaut sauf à l'embouchure de quelques ruisseaux; par contre ces fonds sont très riches en calcaire. Au contraire le cordon littoral présente une large bande de sable; mais les vagues étant très violentes et le sol meuble, les coquilles ne peuvent s'y développer en grand nombre.

Nulle part on n'a recueilli de vrai gravier, sauf dans la partie méridionale où un petit gravier de quartz et de basalte, s'ajoutant à d'autres indices, révèle le dépôt, à une époque relativement récente, des alluvions d'un fleuve assez puissant, l'Hérault, qui aujourd'hui a pris un autre cours.

Les minéraux de chaque échantillon ont été étudiés.

Ils sont très variés et l'on est frappé de voir combien, dans un si petit espace, les différences de toutes sortes peuvent être grandes. Les renseignements à tirer de l'analyse minéralogique, comme de l'analyse mécanique, sont essentiellement locaux. Ilménite, spinelle, hornblende ferrifère, hypersthène, diallage, augite, obsidienne, olivine, apatite, magma basaltique sont plus particulièrement localisés au voisinage du basalte d'Adge. La côte nord-ouest est caractérisée par une association de limonite, tourma-

line, chlorite, muscovite, andalousite, axinite, disthène, saphir, rutile, zircon, topaze, cordiérite, minéraux provenant des falaises côtières qui ont été les alluvions de fleuves pliocènes et pléistocènes issus des massifs granitiques, gneissiques et schisteux de l'Aigoual, de Lodève et de Saint-Pons. Enfin, le cordon littoral renferme un mélange de minéraux basaltiques, de minéraux arrachés à la côte septentrionale et d'autres : sphène, grenat, amphiboles, roches vertes, ayant pour origine les anciens apports du Rhône et de la Durance, dont le cordon de galets s'étend jusqu'au delà d'Aigues-Mortes.

L'inégale résistance des minéraux est nettement visible dans les dépôts étudiés. Le zircon, la tourmaline, le rutile, qui proviennent du remaniement de sédiments précédents, subsistent à l'état de petits cristaux, tandis que le péridot, directement issu du basalte, est rare et se montre souvent transformé en serpentine. Les minéraux les plus facilement altérables sont ceux qui donnent les plus précieuses indications, soit que leur présence s'explique par un renouvellement incessant et par la proximité de la roche mère, ou bien qu'elle soit due à une sédimentation rapide les soustrayant aux attaques physiques et chimiques.

M. Ch. Gauthier adresse une Note *Sur le traitement des maladies microbiennes et contagieuses par l'emploi des radiations émises par les tubes à mercure.*

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 22 mars 1909.

Traité d'Analyse, par Emile Picard, Membre de l'Institut, 2e édition. Tome III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable reste réelle. Des courbes définies par des équations différentielles. Équations

linéaires. Analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. Paris, Gauthier-Villars, 1908; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Service géographique de l'Armée. Rapport sur les travaux exécutés en 1907. Paris, 1908; 1 vol. in-8°. (Adressé par M. le Ministre de la Guerre.)

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France. Bulletin de janvier 1909. Paris, 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Commission météorologique du département de la Haute-Garonne; t. II, 1er fasc., 1906. Toulouse, Édouard Privat, 1908; 1 fasc. in-4°.

La materia radiante e i raggi magnetici, per AUGUSTO RIGHI; con 46 figure nel testo e 22 riproduzioni di fotografie fuori testo. Bologna, Nicola Zanichelli, 1909; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Communications from the physical Laboratory at the University of Leiden, by Prof. Dr KAMERLINGH ONNES; nos 1-108; and supplements. Leyde, Eduard Ijoo, 1885-1908; 133 fasc. in-8°. (Hommage de M. Kamerlingh Onnes.)

Swedish explorations in Spitzbergen, 1758-1908. *Historical sketch,* by A.-G. NATHORST, *Bibliography,* by J.-M. HULTH. *List of maps,* by G. DE GEER. Stockholm, 1909; 1 fasc. in-8°.

Atlas Geologiczny Galicyi; zeszyt XXIII. Kart dwie: *Dydiowa* (8) i *Smorze* (9), opracowal Prof. Dr W. SZAJNOCHE, i tekst. Cracovie, 1908; 1 fasc. in-8° oblong et 1 fasc. in-8°.

Une Carte agronomique de la Belgique est-elle actuellement réalisable? par M. ÉDMUND LEPALE. (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles;* 1907-1908, 2e supplément.) Louvain; 1 fasc. in-8°.

Conspectus Floræ Galiciæ criticus, scripsit HUGO ZAPALOWICZ; t. II. Cracovie, 1908; 1 vol. in-8°.

Ueber den Einfluss der Unterlage auf den täglichen Gang der absoluten Feuchtigkeit, von M. RYKATSCHEW jun.; mit 2 Figuren. (Extr. de *Meteorologischen Zeitschrift,* fasc. II, 1908.) 1 fasc. in-4°.

Das Gleichgewichtsverhältnis der Materie zum Weltraum und die dadurch bedingte stufenweise Entwicklung, von J. KUBLER. Leipzig, B.-G. Teubner, 1906; 1 fasc. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 AVRIL 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce qu'en raison des fêtes de Pâques la séance du lundi 12 avril est remise au mardi 13 avril.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de *S. A. S. Albert Ier, prince de Monaco,* pour remplir la place d'Associé étranger vacante par le décès de *Lord Kelvin.*

Il est donné lecture de ce Décret.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la lettre suivante :

Paris, 29 mars 1909.

« Monsieur le Président,

» Avec la haute situation de Membre associé l'Institut de France m'accorde, pour des travaux qui avaient déjà fait la joie de ma vie, un témoignage d'estime inespéré; aussi n'est-ce pas sans confusion que je reçois un pareil honneur. Et si ma première pensée porte ma gratitude à l'Académie, je songe ensuite à la pléiade des collaborateurs qui, depuis 25 ans, m'ont donné leur concours pour développer une science très jeune, lui fournir des maîtres, des matériaux et un foyer dignes d'elle.

» L'Académie veut bien appuyer ainsi une œuvre qui embrasse toute l'étude de la mer et qui s'est attaché des savants de grande valeur; je l'en remercie avec l'émotion d'un travailleur trop largement récompensé.

» En vous priant de transmettre à l'Académie l'expression de mon attachement, je vous adresse, Monsieur le Président, mes plus affectueux sentiments de nouveau confrère.

» Albert, Prince de Monaco. »

M. le Président donne lecture de la dépêche suivante, adressée de Monaco le matin :

« En plus des remercîments que je vous ai fait parvenir dans ma lettre, je vous prie, Monsieur le Président, de transmettre à l'Académie mon regret de ne pouvoir prendre place parmi mes Confrères aujourd'hui; la Commission internationale d'Aérostation scientifique exige ma présence ici. Veuillez recevoir l'expression de mes meilleurs sentiments.

» Albert, Prince de Monaco. »

PALÉOBOTANIQUE. — *Observations sur le* Lepidostrobus Brownii *Brongniart* (*sp.*). Note de M. **R. Zeiller.**

J'ai pu, au cours de ces derniers mois, faire sur un cône de *Lepidodendron* à structure conservée, identifiable au *Lepidostrobus Brownii* Brongniart (sp.), une série d'observations dont certaines me paraissent offrir assez d'intérêt pour que je croie devoir les communiquer à l'Académie.

Je rappelle, tout d'abord, que le *Lepidostrobus Brownii* a pour type un échantillon à structure conservée, d'origine inconnue, représentant la région apicale d'un cône, qui a été décrit et figuré en 1851 par Rob. Brown (¹) et qui se trouve aujourd'hui au British Museum; une mince rondelle, détachée de la partie inférieure du même fragment, est conservée dans les collections du Muséum d'histoire naturelle de Paris.

Un échantillon très analogue, consistant en un tronçon de cône correspondant à une région plus inférieure de l'appareil fructificateur, et de provenance également inconnue, était parvenu vers 1840 entre les mains de W.-P. Schimper; il paraissait spécifiquement assimilable au précédent, et Schimper les considérait même l'un et l'autre comme étant probablement « deux fragments d'un seul et même cône (²) ». Ce deuxième échantillon a été scié suivant un plan diamétral, et l'une des moitiés en est conservée au Muséum de Paris avec une rondelle transversale peu épaisse et une coupe diamétrale transparente; l'autre moitié a été acquise par le British Museum.

En 1858, Brongniart signalait à l'Académie (³) un troisième échantillon, qu'il rap-

(¹) R. Brown, *Some Account of Triplosporite, an undescribed Fossil Fruit* (*Trans. Linn. Soc. London*, t. XX, pt. 3, p. 469-475, pl. 23, 24).

(²) Schimper, *Traité de Paléontologie végétale*, t. II, p. 68. — On s'étonne que Schimper ait pu avoir cette idée, lorsqu'on remarque que le nombre des séries longitudinales d'écailles n'est pas le même sur ces deux échantillons, étant de 26 sur celui de Rob. Brown, et de 28 sur celui de Schimper.

(³) Brongniart, *Notice sur un fruit de Lycopodiacées fossiles* (*Comptes rendus*, t. LXVII, 17 août 1868, p. 421-426).

portait au même type spécifique, trouvé dans un terrain de transport à l'entrée de la vallée du Volp (Haute-Garonne) : il s'agissait cette fois d'un cône complet, renfermant des microsporanges et des macrosporanges, et que Schimper, pour ce dernier motif, désigna peu après sous un nom nouveau, *Lep. Dabadianus*, hésitant à le rapporter au *Lep. Brownii* dans lequel on n'avait observé que les microspores (¹). Une moitié de ce cône se trouve au Muséum de Paris, accompagnée de deux coupes longitudinales transparentes.

Un quatrième échantillon, très fragmentaire, recueilli près de Cabrières, a été mentionné par Schimper comme appartenant au *Lep. Brownii* (²); il a été considéré plus tard par B. Renault comme une espèce distincte et désigné sous le nom de *Lep. Rouvillei* (³). Je n'ai pu, malheureusement, en retrouver la trace.

Enfin j'ai signalé à l'Académie, il y a un peu plus d'un an (⁴), un cinquième tronçon de cône, trouvé dans une cailloutière du Gers, et qui m'a paru devoir être rapporté au *Lep. Brownii.*

J'ai fait connaître en même temps d'autres cônes analogues, mais dans un état de conservation différent, provenant des gîtes de phosphate dinantiens des Pyrénées pour deux d'entre eux, de Cabrières pour le troisième, que j'ai rapprochés du *Lep. Brownii* à raison notamment de la disposition de leurs écailles sporangifères en files verticales bien nettes, mais qui m'avaient paru devoir en être distingués spécifiquement et auxquels j'avais donné le nom de *Lep. Laurenti.*

L'échantillon que j'ai étudié a été mis à ma disposition avec la plus gracieuse obligeance par M. l'abbé Théron, qui, pendant son séjour comme curé à Cabrières, a pu récolter de nombreux fossiles animaux et végétaux dans les lydiennes et les couches à phosphates qui constituent, dans cette région de la Montagne-Noire comme dans les Pyrénées, la base du Dinantien. Ayant eu connaissance, il y a quelques mois, d'une Note publiée par lui en 1900 (⁵) sur ces fossiles, et frappé de la ressemblance avec le *Lepidostrobus Dabadianus* d'un cône dont il donnait une figure réduite, je lui avais exprimé le désir d'obtenir communication de cet échantillon. Il voulut bien déférer à ma demande et m'autorisa très généreusement à faire tous les sciages que pourrait nécessiter une étude anatomique; je lui exprime ici ma plus vive reconnaissance.

Le cône que j'ai reçu de lui est un cône complet, de forme ellipsoïdale,

---

(¹) SCHIMPER, *Traité de Paléontologie végétale*, t. II, p. 69-70.

(²) *Ibid.*, t. II, p. 68.

(³) B. RENAULT, *Cours de Botanique fossile*, t. II, p. 35, pl. 7, fig. 1-3.

(⁴) R. ZEILLER, *Comptes rendus*, t. CXLV, 9 décembre 1907, p. 1122-1126.

(⁵) H. THÉRON, *Note sur les gisements de phosphate de chaux du Pic de Cabrières : Faune et Flore des Lydiennes noires* (*Bull. Soc. d'étude des Sc. nat. de Béziers*, t. XXII, p. 105-113).

long de $10^{cm},5$ et mesurant, à sa plus grande largeur, 53^{mm} de diamètre dans un sens, 60^{mm} dans l'autre, identique d'aspect, d'ailleurs, au *Lep. Dabadianus*, à écailles disposées suivant le cycle $\frac{2}{25}$, et rangées en files verticales bien nettes. Il était, lorsqu'il m'est parvenu, recouvert, sur une de ses moitiés, d'une croûte de phosphate que j'ai pu détacher facilement, mais à laquelle sont restées adhérentes cependant quelques parcelles superficielles des écailles.

Tout d'abord l'étude des parcelles ainsi détachées, confirmée par celle de la portion terminale du cône lui-même, m'a montré que les compartiments hexagonaux qu'on voit à la surface du cône représentent, non pas les cicatrices laissées par la chute d'une portion limbaire des écailles, comme on l'avait assez généralement admis ([1]), mais bien l'extrémité naturelle, seulement un peu corrodée, de ces écailles, lesquelles se terminaient par des écussons faiblement saillants, comparables à ceux de beaucoup de strobiles de Pins. L'extrémité de l'axe du cône ayant subi un arrêt de développement, les écailles terminales ont été dépassées par celles qui étaient insérées au-dessous d'elles et, protégées ainsi contre toute usure, sont restées absolument intactes : les plus développées d'entre elles, longues seulement de 6^{mm}, se montrent, dans ces conditions, sur une coupe radiale, terminées à leur sommet, qui correspond à leur épaisseur maxima, par une saillie en forme de triangle très surbaissé, à angle supérieur arrondi. Par cette absence de limbe foliacé, comme par la disposition de leurs écailles en files verticales régulières, ces cônes diffèrent donc notablement de leurs congénères du Houiller.

La coupe diamétrale du cône révèle, d'ailleurs, une constitution générale identique à celle des cônes dont j'ai parlé en commençant, du *Lep. Dabadianus* en particulier, en ce sens qu'on y observe à la fois des microsporanges et des macrosporanges, ceux-ci occupant près de la moitié de la hauteur.

La structure de l'axe est conforme à celle du *Lep. Brownii*, telle qu'elle a été reconnue sur le type même de l'espèce par M. F.-O. Bower ([2]), du *Lep. Dabadianus*, et du *Lep. Rouvillei* étudié par B. Renault, comprenant notamment une moelle centrale formée de cellules allongées, entourée d'un

([1]) Brongniart, *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 424. — Schimper, *Traité de Paléontologie végétale*, t. II, p. 59, 67, 69.

([2]) F.-O. Bower, *On the Structure of the Axis of Lepidostrobus Brownii, Schimper* (*Ann. of Bot.*, t. VII, p. 329-354, pl. 16, 17).

anneau de bois primaire composé de trachéides rayées, et une écorce moyenne lacuneuse.

L'excellente conservation de cet échantillon m'ayant donné l'espoir que je pourrais y observer la ligule, vainement cherchée par M. Bower sur le *Lep. Brownii* (1), mais reconnue par M. Maslen sur quelques *Lepidostrobus* du Houiller, j'ai fait faire de nombreuses préparations par M. Terrier, préparateur de Minéralogie à l'École des Mines, qui les a exécutées avec une habileté et un soin que je ne saurais trop louer; mais, bien que ces coupes fussent dirigées exactement suivant le plan radial passant par le faisceau, aucune des écailles arrivées à leur développement normal ne m'a offert de ligule; il est vrai qu'à la place où aurait dû se trouver cet organe, j'observais une déchirure et une décomposition des tissus dont la constance pouvait donner à penser qu'il y avait eu là originairement des éléments particulièrement délicats, mais qui pouvait aussi avoir été simplement la conséquence d'une déformation accidentelle du cône. J'ai pensé que, si la première hypothèse était exacte, j'aurais quelque chance, sur les écailles supérieures incomplètement développées, de trouver la ligule intacte, et c'est en effet ce qui a eu lieu : l'une des écailles voisines de l'extrême sommet m'a offert un sporange rudimentaire représenté par une émergence pleine, d'environ $0^{mm},80$ de longueur sur $0^{mm},25$ de hauteur, bien reconnaissable néanmoins aux cellules en palissade constitutives de la paroi, et à la suite immédiate de ce sporange, étroitement appliquée contre la face ventrale de l'écaille, une mince languette à section longitudinale triangulaire, longue de $0^{mm},90$, aiguë au sommet, épaisse d'environ $0^{mm},16$ à sa base, et formée d'étroites cellules allongées, larges seulement de 7^{μ} à 13^{μ}, nettement distinctes des cellules adjacentes de l'écaille, qui mesurent 23^{μ} à 25^{μ} de largeur. Sur une écaille située un peu plus bas, portant un sporange bien formé, mais de dimensions réduites et ne renfermant aucune spore, tel que M. Bower en a observé à la même hauteur sur le *Lep. Brownii* (2), j'ai constaté de même l'existence d'une languette de $0^{mm},80$ de longueur, accolée à l'écaille, épaisse seulement de $0^{mm},06$ à sa base, et n'offrant plus, en section radiale, que quelques minces cellules, larges de 7^{μ} à 10^{μ}, le reste du tissu interne ayant disparu.

---

(1) F.-O. Bower, *Studies in the Morphology of Spore-producing Members* (*Phil. Trans. Roy. Soc. London*, t. 185, B, p. 526).

(2) F.-O. Bower, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, t. 185, B, p. 527, pl. 48, fig. 99, 100.

Bien que sur ces deux préparations la languette semble adhérente à l'écaille, il y a entre les cellules constitutives de l'une et de l'autre une différence si tranchée qu'il est impossible de ne pas voir là un organe distinct de l'écaille, et cette constitution même, l'étroitesse de ces cellules, concorde avec ce que M. Maslen a observé sur les échantillons du Houiller d'Angleterre. Il ne me paraît donc pas douteux qu'on ait affaire là à la ligule, mais que celle-ci n'ait eu qu'une existence éphémère et que son absence sur les écailles normalement développées doive être attribuée à ce qu'elle ne tardait pas à s'atrophier et à se décomposer.

Enfin une dernière observation, très inattendue et particulièrement intéressante au point de vue histologique, a trait à la constitution des écailles. Celles-ci se montrent en effet, du moins dans la région moyenne et terminale de leur portion dressée, composées de cellules isodiamétriques dont la paroi est hérissée de petites papilles plus ou moins rapprochées, hautes de 6^{μ} à 15^{μ}, généralement un peu renflées à leur sommet et comparables comme aspect à de minuscules glandes capitées (voir *fig.* 1). Je ne crois pas

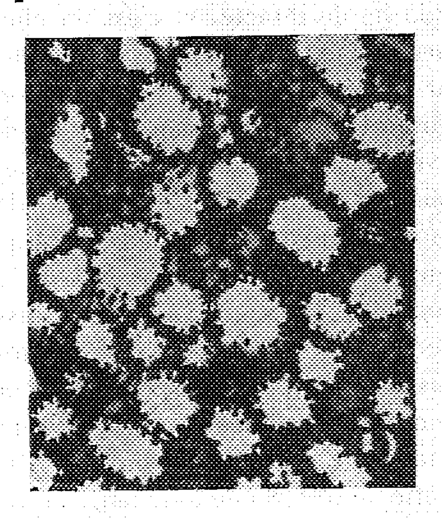


Fig. 1. — Portion de coupe longitudinale d'une écaille. Gross. : 108 diam.



Fig. 2. — Coupe longitudinale passant par le bord d'une écaille. Gross. : 108 diam.

qu'on ait observé jusqu'ici sur aucun végétal, vivant ou fossile, de cellules munies de semblables protubérances internes, bien qu'on puisse, ainsi que M. Van Tieghem m'en a suggéré l'idée, comparer celles-ci, toutes proportions gardées, au pédicelle des cystolithes. Du moins est-il certain que ces sortes de papilles ne sont autre chose que des épaississements locaux de

la membrane, affectant la forme de bâtonnets, et peut-on observer des passages entre elles et des épaississements de forme moins anormale.

Les cellules voisines de la surface externe des écailles, de même que celles qui sont au voisinage immédiat du faisceau axial, sont en effet des cellules spiralées ou rayées, du type qu'on est accoutumé à rencontrer dans le tissu de transfusion, et l'on peut en s'éloignant, soit du bord, soit du faisceau, les voir passer aux cellules à papilles : on voit effectivement, à l'intérieur de certaines cellules, les bandes d'épaississement se renfler de distance en distance en forme de bâtonnets (voir *fig.* 2), et, les bandes qui relient ces bâtonnets s'amincissant et finissant par disparaître, on arrive ainsi par une série d'intermédiaires aux papilles indépendantes, disséminées sans ordre apparent.

J'ajoute que, dans la région moyenne et inférieure des écailles, ces cellules se sclérifient, jusqu'à oblitération complète de leur cavité interne, les épaississements se faisant autour des papilles, et pour les cellules voisines de l'épiderme ou du faisceau le long de leurs cordons transversaux.

Il y avait, naturellement, à rechercher si ce tissu particulier se retrouverait sur les échantillons dont j'ai parlé en commençant et chez lesquels il n'avait pas été signalé; j'ai examiné dans ce but les portions de ces échantillons qui se trouvent dans les collections du Muséum, et je tiens à remercier ici M. le Professeur Lecomte de l'autorisation qu'il a bien voulu me donner, d'en tirer, en tant que de besoin, les préparations nécessaires.

Une coupe tangentielle, faite sur l'extrême bord de la rondelle provenant du type même du *Lep. Brownii,* m'a permis de reconnaître à l'intérieur des écailles, et bien que la conservation en soit fort médiocre, les mêmes cellules à papilles, offrant dans les portions plus profondes le même mode de sclérification.

J'ai fait les mêmes constatations sur les coupes longitudinales du *Lep. Dabadianus,* ainsi que sur l'échantillon du Gers que j'avais signalé.

Par contre, l'échantillon de « *Lep. Brownii* » de Schimper, très mal conservé d'ailleurs, ne m'a rien offert de semblable : les coupes radiales faites dans les écailles y montrent des cellules allongées, disposées en files parallèles au faisceau, mais légèrement onduleuses, présentant un aspect tout différent de celui qu'on observe sur les écailles du *Lep. Brownii.* Je rappelle, d'ailleurs, que B. Renault avait constaté sur cet échantillon l'existence d'un axe ligneux plein, sans moelle centrale [1], caractère qui le différencie également du *Lep. Brownii,* malgré sa ressemblance extérieure avec lui. Il doit donc être distingué spécifiquement, et il ressort de cette constatation qu'il ne faut voir, dans ces curieuses cellules à papilles, qu'un caractère spécifique, qui peut faire défaut chez des formes voisines.

Elles manquent de même chez un autre cône de Cabrières, que M. Delage, profes-

---

(1) Renault, *Cours de Botanique fossile,* t. II, p. 34, pl. 6, fig. 8.

seur à la Faculté des Sciences de Montpellier, a bien voulu me donner pour l'École des Mines et dont les écailles diffèrent à la fois, par leur structure intime, et du *Lep. Brownii* vrai et de l'échantillon de Schimper; il a, d'ailleurs, une forme un peu différente, plus conique, et ressemble extérieurement à un strobile de Pin.

Enfin j'ai reconnu, sur les échantillons de *Lep. Laurenti,* que les écailles n'étaient pas simplement appliquées contre la face interne de la coque de phosphate ainsi qu'elles le semblaient, mais qu'elles se continuaient dans cette coque et s'y épaississaient jusqu'à se toucher les unes les autres en prenant une section hexagonale comme chez le *Lep. Brownii,* et j'ai pu reconnaître à leur intérieur la même structure et les mêmes cellules à papilles que chez cette dernière espèce.

Il faut donc identifier au *Lep. Brownii,* avec le cône de Cabrières que j'ai étudié, le *Lep. Dabadianus* et le *Lep. Laurenti,* et très probablement le *Lep. Rouvillei,* qui concorde avec lui par tout ce qu'on connaît de sa structure.

Il faut en distinguer au contraire l'échantillon de Schimper, que je propose de désigner sous le nom de *Lep. Schimperi,* et le cône de M. Delage que j'ai signalé tout à l'heure.

M. Carpentier présente à l'Académie *un jeu de calibres établis par M. Johansson,* inspecteur de la Fabrique royale d'armes de Suède, au moyen de procédés non publiés, avec une précision qui dépasse tout ce qui a été obtenu jusqu'à ce jour.

Ce jeu de calibres (pris sans sélection parmi ceux qui se livrent couramment à l'Industrie) est destiné à réaliser matériellement, par voie de combinaisons, les étalons de toutes les longueurs, procédant par centièmes de millimètre, comprises entre 1^{mm} et 200^{mm}.

Chaque calibre a la forme d'un parallélépipède dont l'épaisseur fournit la mesure qu'il représente. Les deux faces comprenant l'épaisseur du calibre sont rigoureusement planes et parallèles, et leur distance est exacte à $\frac{1}{100\,000}$ de sa propre valeur.

Ce jeu se compose de trois séries de calibres :

Première série. — 1 calibre de $1^{mm},005$ et 49 calibres dont les épaisseurs forment les termes de la série : 1,01; 1,02; ...; 1,47; 1,48 et 1,49 avec une différence de 0,01 de l'un à l'autre.

Deuxième série. — 49 calibres dont les épaisseurs forment les termes de la série : 0,50; 1; 1,5; ...; 23,5; 24; 24,5 avec une différence de 0,5 de l'un à l'autre.

Troisième série. — 4 calibres ayant respectivement pour longueur 25^{mm}; 50^{mm}; 75^{mm} et 100^{mm}.

Ce jeu permet de réaliser près de 40000 combinaisons.

Les calibres se combinent en se superposant et c'est là qu'on juge un premier attribut de leur perfection. Si, après avoir soigneusement essuyé les faces des deux calibres qu'on veut joindre, on les applique l'un sur l'autre par un mouvement tournant, on voit s'établir entre les deux pièces une adhérence surprenante. Cette adhérence tient à ce que la planité des faces est d'une rigueur presque théorique.

Des phénomènes d'adhérence analogues ont déjà été observés depuis longtemps. On leur a attribué pour cause l'influence de la pression atmosphérique. Mais les observations faites sur les calibres Johansson obligent maintenant à chercher une autre explication. On a fait de nombreuses expériences sur ce point et l'une d'elles a donné le résultat suivant : deux pièces ayant été amenées au contact sur des faces mesurant $3^{cm^2},17$, on a, au moyen de poids, exercé un effort normal de séparation de 37^{kg}, ce qui correspondait à 11^{atm}. Cette traction a été maintenue pendant 40 minutes sans que les pièces se soient détachées l'une de l'autre. Bien plus, le crochet qui soutenait l'ensemble s'étant ouvert, le bloc complexe est tombé à terre et le choc n'en a pas produit la dislocation. Faut-il voir là une manifestation de la cohésion même, c'est-à-dire de l'attraction qui retient les molécules matérielles les unes contre les autres? La question est bien faite pour appeler l'investigation des physiciens.

Au point de vue de l'exactitude de leur épaisseur et du parallélisme de leurs faces, les calibres Johansson se prêtent encore à de frappantes expériences. Si l'on prend, d'une part, un calibre épais et si, d'autre part, on forme avec un certain nombre de calibres minces un bloc de longueur équivalente; si l'on fait adhérer bloc et pile sur un même plan et si l'on pose un autre plan sur les sommets, on constate que l'adhérence s'y obtient également bien de part et d'autre.

Dans le cas où, systématiquement, on a établi entre la pile et le bloc une différence de 1 micron seulement, l'adhérence ne s'obtient pas.

Les calibres sont fabriqués en acier au carbone, et ils subissent, dans leur usinage, un traitement tel que leur stabilité moléculaire est complète. On n'observe à la longue, sur leurs dimensions, aucune déformation appréciable.

Le principe auquel s'est attaché M. Johansson pour la confection de ses calibres et qui donne à son système une cohérence incomparable, c'est, ainsi qu'il a été dit plus haut, qne ses calibres sont établis avec une précision progressive, c'est-à-dire que pour chacun d'eux la tolérance admise est proportionnelle à son épaisseur. C'est grâce à cette condition que les piles de calibres sont toujours comparables aux blocs de même épaisseur.

Le jeu de calibres correspondant à la progression arithmétique ayant pour raison $\frac{1}{100}$ de millimètre répond bien aux besoins ordinaires de la Mécanique de grande précision. Mais M. Johansson, pour compléter ce jeu,

réalise des séries de dix calibres procédant par $\frac{1}{1000}$ de millimètre, par 1 micron, permettant d'étendre au domaine scientifique l'emploi de ces précieux instruments. Il va sans dire qu'un jeu de calibres, destiné à être complété par la série au micron, doit être lui-même particulièrement parfait.

La précision des procédés Johansson d'ailleurs ne rencontre pas sa limite dans l'ordre du micron. M. Johansson vient de réaliser une série de dix calibres à $\frac{1}{10}$ de micron. Cette série, dont l'existence seule provoque l'incrédulité, sera incessamment apportée à Paris; peu s'en est fallu qu'elle ait pu être présentée à cette séance.

Pour étendre l'application de ses calibres, M. Johansson a étudié et réalisé des montages qui permettent de les employer à la constitution de pieds à becs, comme il s'en emploie couramment dans les ateliers de constructions mécaniques. Il sort du cadre de cette Communication de s'étendre sur ces instruments.

M. Johansson travaille depuis de longues années à la question qu'il a si magistralement solutionnée. Quand on pense qu'il obtient maintenant d'une manière courante, industrielle, des résultats aussi invraisemblables que les siens, on est comme confondu. Sans doute, on serait bien désireux de connaître les procédés qu'il emploie et le comparateur au moyen duquel il contrôle son travail. Mais on comprend qu'il hésite à divulguer des moyens d'action dont la conquête lui a coûté un si grand labeur, et, réfrénant toute indiscrète curiosité, on se doit de féliciter hautement M. Johansson de sa belle œuvre et de le remercier de la remarquable contribution qu'il aura apportée au progrès de la Métrologie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de préparation des amines alcooliques.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

La préparation des amines alcooliques par l'action directe de l'ammoniaque sur les alcools n'a, jusqu'à présent, été réalisée que dans des conditions peu avantageuses. Le résultat le meilleur a été obtenu par Merz et Gasiorowski, en chauffant divers alcools forméniques primaires pendant 16 heures en tubes scellés à 260°-280°, avec du chlorure de zinc ammoniacal [1]. Dans ce dernier procédé, les amines paraissent résulter de l'action

[1] Merz et Gasiorowski, *Ber. chem. Gesell.*, t. XVII, 1884, p. 623.

de l'ammoniaque sur le carbure éthylénique naissant que fournit la déshydratation de l'alcool par le chlorure de zinc.

Nos Communications antérieures [1] ont fait connaître que divers oxydes irréductibles par les vapeurs d'alcools, *thorine, alumine, oxyde bleu de tungstène*, jouissent de la propriété de les dédoubler catalytiquement au-dessous de 400°, en eau et carbures éthyléniques; pour d'autres oxydes, comme l'oxyde *chromique*, la *zircone*, l'*oxyde titanique*, l'*oxyde bleu de molybdène*, etc., cette catalyse de déshydratation se trouve accompagnée d'une catalyse de déshydrogénation avec production d'aldéhyde.

Nous avons pensé qu'en faisant agir du gaz ammoniac en même temps qu'un oxyde catalyseur de déshydratation sur les vapeurs d'un alcool primaire, on obtiendrait, au lieu du carbure éthylénique, l'amine alcoolique.

Ces prévisions ont été justifiées. Quand on fait agir sur l'alcool éthylique de la thorine ou de l'oxyde bleu de tungstène, en présence d'ammoniaque, vers 360°, on n'observe plus qu'un dégagement gazeux minime d'éthylène, mais on constate qu'il y a production d'éthylamine.

D'ailleurs la formation de l'amine dans ces conditions oriente à son profit l'activité des catalyseurs. Avec des catalyseurs mixtes tels que l'oxyde chromique ou l'oxyde titanique, le dédoublement de l'alcool en hydrogène et aldéhyde, aussi bien que celui en eau et carbure éthylénique, n'ont plus lieu qu'en minime proportion, et la réaction qui prédomine est celle qui donne l'amine :

$$R.CH^2OH + NH^3 = H^2O + R.CH^2.NH^2.$$

D'ailleurs l'*amine primaire* libre, ainsi engendrée, réagit à son tour sur l'alcool, en présence de l'oxyde catalyseur, comme l'ammoniaque, et fournit l'*amine secondaire* $(R.CH^2)^2NH$, et cette dernière peut elle-même agir sur l'alcool pour former une certaine dose d'*amine tertiaire* $(R.CH^2)^3N$.

On est ainsi conduit à une méthode très aisée à appliquer, pour la préparation des amines à partir des alcools primaires forméniques.

Dans un tube contenant une traînée de quelques grammes d'un oxyde catalyseur, chauffé sur une grille vers 350°-370°, on dirige à la fois les vapeurs de l'alcool et du gaz ammoniac (obtenu en chauffant doucement une solution d'ammoniaque et séchant le gaz dégagé, par un tube à potasse solide). Le liquide condensé dans un réfrigérant à la sortie du tube à oxyde est un mélange d'eau ammoniacale, d'amines primaire et secondaire (avec une petite quantité de tertiaire) et d'alcool non transformé. Une

---

(1) Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1376; t. CXLVII, 1908, p. 16 et 106.

simple distillation permet généralement de séparer ce dernier, plus ou moins mélangé d'amines : on le soumet de nouveau à la réaction.

C'est ainsi qu'avec l'alcool isoamylique et le gaz ammoniac, nous avons pu obtenir aisément sur la thorine l'*isoamylamine* bouillant à 95° et la *diisoamylamine* bouillant à 186°.

La méthode est d'application très facile; elle n'exige pour ainsi dire aucune surveillance et supprime avec beaucoup d'avantages les tubes scellés du procédé de Merz.

Amines mixtes. — On pouvait prévoir que la méthode qui vient d'être décrite serait particulièrement avantageuse pour préparer les amines mixtes, en faisant agir un oxyde catalyseur sur le mélange des vapeurs d'un alcool primaire et d'une amine primaire.

Ce résultat est atteint très facilement en mélangeant à l'avance molécules égales de l'alcool et de l'amine, et plaçant le liquide obtenu dans le tube d'alimentation du tube capillaire, adapté au tube à réaction, selon le procédé imaginé par l'un de nous antérieurement pour l'hydrogénation directe des liquides volatils (¹).

Ainsi, en partant d'un mélange d'alcool éthylique et d'isoamylamine, nous avons pu, avec la thorine, obtenir sans complications l'*éthylisoamylamine* $(C^2H^5, C^5H^{11})NH$, bouillant à 126°, identique à celle déjà décrite (²).

A partir du mélange de propylamine et d'alcool isoamylique, nous avons isolé la *propyl-isoamylamine*, bouillant à 141°, qui n'avait pas encore été obtenue.

Un mélange d'isoamylamine et d'alcool isobutyrique nous a permis de préparer l'*isobutyl-isoamylamine*, bouillant à 158°-160°, qui n'était pas connue. De petites doses d'amine tertiaire accompagnent dans tous les cas l'amine secondaire produite.

Il conviendra de préciser quels sont, parmi les nombreux oxydes catalyseurs, ceux qui doivent être préférés pour chaque cas, et aussi de fixer les limites les plus favorables des températures de la réaction.

Nous reviendrons prochainement sur ce sujet, ainsi que sur l'étude des amines nouvellement décrites.

La méthode nouvelle de synthèse des amines, que nous venons d'exposer, ne s'applique pas seulement aux alcools primaires forméniques. Nous avons

---

(¹) Paul Sabatier et Senderens, *Annales de Chimie et de Physique*, 8ᵉ série, t. IV.

(²) Durand, *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. XVII, p. 405.

déjà établi qu'elle s'étend aussi aux alcools aromatiques, aux alcools secondaires et aux alcools cycloforméniques. C'est ce que nous aurons l'honneur de préciser dans des Communications prochaines.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant dans la Section de Botanique, en remplacement de M. *Clos*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 38,

M. Wiesner obtient l'unanimité des suffrages.

M. **Wiesner**, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui devra être présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts pour la Chaire de *Mécanique analytique et Mécanique céleste* du Collège de France, vacante par l'admission à la retraite de M. *Maurice Levy*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre des votants étant 35,

M. Hadamard obtient............ 33 suffrages
M. Drach » .... 1 »

Il y a 1 bulletin blanc.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre des votants étant 23,

M. Drach obtient l'unanimité des suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne......... M. **Hadamard**
En seconde ligne.......... M. **Drach**

NOMINATIONS.

M. G. Lemoine est délégué par l'Académie pour la représenter aux fêtes du 75e anniversaire de la restauration de l'Université catholique de Louvain.

La Société des Amis des lettres russes invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration solennelle du monument érigé en l'honneur de *Nicolas Vassiliévitch Gogol,* à Moscou, le 9 mai (nouveau style).

M. G. Bigourdan est délégué par l'Académie pour la représenter à cette cérémonie.

CORRESPONDANCE.

M. Boudier, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Rapport sur le concours de réglage de chronomètres de l'année* 1908, par M. Raoul Gautier, directeur de l'Observatoire de Genève.

2° *Malayan Ferns,* par van Alderwerelt van Rosenburgh.

3° *Matériaux d'étude topologique pour l'Algérie et la Tunisie* (Cahier n° 29 du Service géographique de l'Armée).

4° *Les jeux d'orgues et leurs timbres*, par Charles Locher, traduction de Jean Bovet.

5° *Anthropologie bolivienne,* par M. Arthur Chervin. (Présenté par M. le prince Roland Bonaparte.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les transformations de contact.* Note de M. S. Lattès, présentée par M. Émile Picard.

1. Étant donnée une transformation de contact $(X_i, Z, P_i; x_i, z, p_i)$ $(i = 1, 2, 3, \ldots, n)$, on peut se proposer de déterminer les multiplicités à r paramètres $(r \leqq n)$ invariantes par la transformation et contenant un élé-

ment double de la transformation. Après un changement de variables, on peut supposer nulles les coordonnées de l'élément double et prendre la transformation sous la forme

$$(1)\quad \begin{cases} X_i = a_1^i x_1 + a_2^i x_2 + \ldots + a_n^i x_n + A_i z + \alpha_1^i p_1 + \alpha_2^i p_2 + \ldots + \alpha_n^i p_n + \ldots, \\ Z = \qquad D z \qquad + \ldots, \\ P_i = b_1^i x_1 + b_2^i x_2 + \ldots + b_n^i x_n + B_i z + \beta_1^i p_1 + \beta_2^i p_2 + \ldots + \beta_n^i p_n + \ldots \end{cases}$$

Nous supposons que les seconds membres sont des fonctions holomorphes des $2n+1$ variables dans le domaine de l'origine, les termes non écrits étant de degré supérieur au premier, et l'on démontre aisément que les termes du premier degré de Z se réduisent au seul terme en z.

Les formules précédentes qui définissent une transformation de contact T de l'espace à n dimensions peuvent aussi bien être regardées comme définissant une simple transformation ponctuelle ϖ de l'espace à $2n+1$ dimensions. Supposons traité le problème de la détermination des variétés à 1, 2, 3, ..., n paramètres invariantes par ϖ et contenant l'origine. Le problème suivant se pose alors :

Parmi les variétés à n dimensions ($r \leqq n$) *invariantes par* ϖ, *y en a-t-il qui fournissent des multiplicités invariantes par* T? *Autrement dit, l'équation de Pfaff*

$$(2)\qquad dz - p_1\,dx_1 - p_2\,dx_2 - \ldots - p_n\,dx_n = 0$$

est-elle nécessairement vérifiée par certaines de ces variétés ?

Le but de cette Note est de montrer que la réponse est affirmative pour certaines de ces variétés et de distinguer celles-là des autres.

2. Énonçons d'abord quelques propriétés des transformations T. Quand on réduit les équations (1) aux termes du premier degré, on obtient une substitution linéaire T' que j'appellerai la *substitution linéaire tangente* à T.

Les coefficients $a_p^i, b_p^i, \alpha_p^i, \beta_p^i$ de T' ne sont pas indépendants, et l'on obtient aisément les relations qu'ils doivent vérifier lorsque la transformation T est une transformation de contact. Les substitutions linéaires T' forment un groupe dont l'existence a été signalée par M. Goursat (¹), qui fait observer qu'un groupe tout pareil, mais à coefficients entiers, n'est autre que le groupe considéré par Hermite, pour $n = 2$, dans son Mémoire sur la transformation des fonctions abéliennes (²).

(¹) GOURSAT, *Sur un groupe de transformations* (*Bull. Soc. mathém.*, t. XXX, 1902).

(²) HERMITE, *Comptes rendus*, 1885, et *Œuvres complètes* (t. I, p. 444).

Pour le problème qui nous occupe, il est essentiel d'étudier l'équation en S relative à T'. Pour les transformations T du plan ($n = 1$) j'ai signalé dans un travail antérieur ce fait qu'une des trois racines de l'équation en S est égale au produit des deux autres ([1]). Cette propriété peut être étendue au cas général :

Lorsque la transformation (1) *est une transformation de contact, l'une des racines de l'équation en* S *est le coefficient* D *des formules* (1), *et, si* S *est une autre racine quelconque,* $\frac{D}{S}$ *est aussi racine.*

Soient alors

$$S_1,\quad S_2,\quad \ldots,\quad S_n,\quad \frac{D}{S_1},\quad \frac{D}{S_2},\quad \ldots,\quad \frac{D}{S_n}$$

les racines autres que D. Deux racines seront dites *associées* si leur produit est D. Nous supposerons, pour nous placer dans le cas général, que les racines $S_1, S_2, \ldots, S_n$ sont distinctes, différentes de 0 et de 1, et qu'aucune d'elles n'est le produit de puissances entières d'autres racines.

3. Soit une variété $\mathfrak{M}_r$ à r dimensions ($r \leq n$) invariante par $\mathfrak{T}$, contenant l'origine et telle que $2n + 1 - r$ des coordonnées s'expriment par des fonctions holomorphes des r autres coordonnées (pour $n = 1$, on obtient les trois courbes analytiques invariantes par une transformation ponctuelle à trois variables). Pour une pareille variété, les $2n + 1$ coordonnées sont des fonctions de r paramètres $u_1, u_2, \ldots, u_r$ holomorphes dans le domaine de l'origine et se réduisent à zéro pour $u_1 = u_2 = \ldots = u_r = 0$. La transformation $\mathfrak{T}$ fait correspondre au point de la variété qui a pour coordonnées curvilignes $(u_1, u_2, \ldots, u_r)$ un point $(U_1, U_2, \ldots, U_r)$ de la même variété, et les U sont des fonctions holomorphes des u se réduisant à zéro pour $u_1 = u_2 = \ldots = 0$. De la considération des substitutions linéaires tangentes et des propriétés bien connues des substitutions linéaires résulte la proposition suivante :

Les racines de l'équation en S *relative à* $\mathfrak{M}$, *c'est-à-dire relative à la substitution* (U; u), *font partie de l'ensemble des racines de l'équation en* S *relative à la transformation* $\mathfrak{T}$.

La réponse à la question posée au n° 1 est alors celle-ci :

Une variété $\mathfrak{M}_r$ *invariante par* $\mathfrak{T}$ *vérifie nécessairement l'équation de Pfaff* (2) *et fournit par suite une multiplicité* M_r *invariante par* T, *si parmi les r racines*

---

[1] *Sur les équations fonctionnelles qui définissent une courbe ou une surface invariante par une transformation* (*Annali di Matematica*, 1906, Chap. VI, § 30).

de l'équation en S *relative à* $\mathfrak{M}_r$ *ne figurent ni la racine* D, *ni des groupes de deux racines associées.*

Indiquons la démonstration en supposant par exemple $r = 2$, $n = 2$ et soient x, y, z, p, q les variables.

La transformation (1) étant de contact, on a l'identité

$$(3) \qquad dZ - P\,dX - Q\,dY \equiv \rho(x, y, z, p, q)(dz - p\,dx - q\,dy).$$

On démontre aisément que $\rho(0, 0, 0, 0, 0)$ est égal à D.

Pour toute variété $\mathfrak{M}_2$ invariante, les cinq coordonnées sont fonctions de deux paramètres u_1, u_2. On passe d'un point (u_1, u_2) à son transformé (U_1, U_2) par une transformation qu'on peut ramener à la forme canonique $U_1 = S_1 u_1$, $U_2 = S_2 u_2$ (cela résulte de résultats connus relatifs à l'équation de Schrœder). Nous supposons que S_1, S_2 sont des racines non associées et différentes de D. On a alors :

$$dz - p\,dx - q\,dy = \lambda(u_1, u_2)\,du_1 + \mu(u_1, u_2)\,du_2,$$
$$dZ - P\,dX - Q\,dY = \lambda(U_1, U_2)\,dU_1 + \mu(U_1, U_2)\,dU_2$$

et l'identité (3) fournit deux équations fonctionnelles que doivent vérifier les fonctions λ, μ :

$$S_1\lambda(S_1 u_1, S_2 u_2) = (D + \ldots)\lambda(u_1, u_2),$$
$$S_2\mu(S_1 u_1, S_2 u_2) = (D + \ldots)\mu(u_1, u_2).$$

Sous les hypothèses faites au n° 3 sur S_1 et S_2, on démontre que ces deux équations n'ont pas d'autre solution holomorphe dans le domaine de $u_1 = u_2 = 0$ que la solution

$$\lambda = 0, \qquad \mu = 0,$$

d'où

$$dz - p\,dx - q\,dy = 0.$$

Dans l'espace (x, y, z, p, q) à cinq dimensions, il y aura en général dix variétés $\mathfrak{M}_2$ invariantes par $\mathfrak{T}$ et passant par l'origine (trois des coordonnées fonctions holomorphes des deux autres). Sur ces dix variétés, quatre seulement fourniront des multiplicités M_2 de l'espace (x, y, z) invariantes par la transformation de contact T et contenant l'élément double.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation des solutions d'une équation linéaire aux différences finies pour les grandes valeurs de la variable.* Note de M. **Galbrun**, présentée par M. Painlevé.

On sait que la recherche des fonctions satisfaisant à l'équation aux différences finies

$$(1) \qquad A_0 f(x + k) + A_1 f(x + k - 1) + \ldots + A_k f(x) = 0,$$

où A_i est un polynome en x de degré p, se ramène, au moyen de la transformation

$$f(x) = \int \varphi(z) z^{x-1} dz,$$

à la résolution de l'équation différentielle

$$(2) \qquad z^p R_0(z) \frac{d^p \varphi}{dz^p} + z^{p-1} R_1(z) \frac{d^{p-1} \varphi}{dz^{p-1}} + \ldots + R_p(z) \varphi = 0,$$

où R_i est un polynome en z de degré k; le coefficient a_i de x^p dans A_i est le coefficient de z^{k-i} dans R_0; je suppose que les racines α_i de R_0 sont simples et qu'aucun des deux nombres α_1, α_k n'est nul; on démontre alors que la fonction $f_i(x)$

$$f_i(x) = \int_{L_i} y_i z^{x-1} dz - (e^{2i\pi\lambda_i} - 1) \sum_{q=1}^{q=p} \beta_q \int_{L_0} \left(\psi_{q,1} u + \psi_{q,2} \frac{du}{dx} + \ldots + \psi_{q,q} \frac{d^{q-1}_u}{dx^{q-1}} \right) dz$$

est solution de l'équation (1). Dans cette expression, y_i est l'intégrale de (2) régulière au voisinage de α_i

$$y_i = (z - \alpha_i)^{\lambda_i} \varphi_i(z),$$

correspondant à l'unique racine λ_i, en général différente d'un entier positif ou négatif de l'équation déterminante relative à ce point; β_q est le coefficient de φ_q dans l'expression de y_i au voisinage d'un point a en fonction de $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_p$ intégrales régulières de (2) au voisinage de l'origine, obtenues par la méthode de M. Fuchs; ψ_{qr} est le coefficient de $(Lz)^{r-1}$ dans φ_q et u désigne la fonction $\frac{z^{x-1}}{e^{2i\pi(x+r_q)} - 1}$, r_q étant l'une des racines de l'équation déterminante relative à l'origine; enfin les contours L_0 et L_i sont issus du point a et entourent, le premier l'origine, le second le point α_i, sans comprendre à leur intérieur aucun autre point singulier des solutions de (2). La fonction $f_i(x)$ n'admet comme singularités que des pôles; ce sont les points $-r_q - p$, p étant un entier positif ou nul.

Quand la variable x s'éloigne à l'infini avec un argument ϖ, on peut former des séries divergentes représentant asymptotiquement les k fonctions $f_i(x)$. Soit l'une d'elles, $f_1(x)$, correspondant au point α_1. Si partant de α_1 avec l'argument ϖ_1, on tourne autour de l'origine dans le sens direct, on rencontre successivement tous les points α_i; à α_i de module r_i et d'argument ϖ_i

je fais correspondre α'_i de coordonnées Lr_i, $-\varpi_i$; parmi les sommets du polygone convexe ayant pour sommets certains points α'_i et comprenant les autres à son intérieur, je ne considère que ceux dont l'abscisse est égale ou inférieure à celle de α'_1; soit ϖ_q l'angle inférieur à 2π de la direction positive de Ox et de la direction extérieure au polygone perpendiculaire au côté joignant deux d'entre eux α'_q, α'_{q+1}. Dans l'intégrale définissant $f_1(x)$ et dans les fonctions y_i je fixe la détermination de z^x et de $(z-\alpha_i)^{\lambda_i}$ en prenant pour argument de z et de $z-\alpha_i$ celui qui tend vers ϖ_i quand z tend vers b_i situé sur $O\alpha_i$ entre α_i et ∞ en restant par rapport à $O\alpha_i$ du côté des arguments croissants.

Je forme les expressions

$$K_i = \frac{e^{i\pi(\lambda_i+1)}\,\alpha_i^{x+\lambda_i}}{x^{\lambda_i+1}}\left(S_n^i + \frac{\varepsilon_i}{x^n}\right),$$

où S_n^i est la somme des n premiers termes d'une série obtenue en remplaçant φ^p par $(e^{2i\pi\lambda_i}-1)\Gamma(\lambda_i+p+1)$ dans les termes du développement de

$$e^{\varphi+(x-1)L\left(1-\frac{\varphi}{x}\right)}\varphi_i\left[\alpha_i\left(1-\frac{\varphi}{x}\right)\right]$$

au voisinage de $\varphi=0$ ordonné par rapport aux puissances décroissantes de x. Si x s'éloigne à l'infini, on démontre que $f_1(x)$ est égal à

$$K_1, \quad -e^{2i\pi\lambda_2}(e^{2i\pi\lambda_1}-1)A_2K_2, \quad \ldots, \quad -e^{2i\pi\lambda_q}(e^{2i\pi\lambda_1}-1)A_qK_q,$$
$$(e^{2i\pi\lambda_1}-1)e^{-2i\pi(\lambda_q+x)}B_qK_q, \quad (e^{2i\pi\lambda_1}-1)e^{-2i\pi(\lambda_{q+1}+x)}B_{q+1}K_{q+1}, \quad \ldots,$$

suivant que ϖ est compris dans les intervalles

$$\left(-\frac{\pi}{2}+\eta, \varpi_1-\eta\right), \quad (\varpi_1+\eta, \varpi_2-\eta), \quad \ldots, \quad (\varpi_q+\eta, \pi-\eta), \quad (\pi+\eta, \varpi_{q+1}-\eta),$$
$$(\varpi_{q+1}+\eta, \varpi_{q+2}-\eta), \quad \ldots,$$

ε_i tendant uniformément vers zéro dans chacun d'eux; la quantité A_q est le coefficient de y_q dans l'expression de y_1 en fonction des p intégrales régulières de (2), au voisinage de α_q quand la variable z partant de b_1 vient en b_q en tournant autour de l'origine dans le sens direct et en restant par rapport aux points α_i du même côté que l'origine; B_q est le coefficient de y_q dans l'expression de y_1 quand z vient en b_q dans les mêmes conditions, mais en tournant autour de l'origine dans le sens inverse.

PHYSIQUE. — *Sur le rayonnement et la température des flammes de bec Bunsen.* Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. Violle.

Dans une Note récente ([1]), j'ai montré que les flammes de bec Bunsen et, plus généralement, toutes les flammes dont les gaz contiennent de la vapeur d'eau, absorbent et émettent notablement les rayons restants de la fluorine ($\lambda = 25^{\mu},5$). En mesurant le rapport de l'émission à l'absorption, et en étalonnant mon appareil de mesure au moyen d'un corps noir de température connue, j'ai pu déterminer la température moyenne de la flamme d'un bec Meker. Le nombre trouvé a été 1760° à ± 50° près.

I. J'ai constaté que, en rendant la flamme lumineuse et conductrice de l'électricité, on ne modifie d'une manière sensible ni son pouvoir émissif, ni son pouvoir absorbant pour les rayons restants de la fluorine, ni par suite sa température.

Par la méthode de Hemsalech et de Watteville ([2]), on peut obtenir à un instant donné des flammes très lumineuses et conductrices, sans modifier leur teneur en vapeur d'eau. En faisant éclater des étincelles entre deux électrodes de potassium, sur le trajet du gaz d'éclairage, j'ai obtenu des flammes dont la conductibilité était de 6×10^7 U.E.S. supérieure à celle de l'eau distillée, plus de 120 fois plus grande que celle de la flamme obscure. L'expérience a montré que le pouvoir émissif de la flamme pour les rayons restants varie de moins de $\frac{1}{500}$ de sa valeur, son pouvoir absorbant de moins de $\frac{1}{100}$, au moment où la flamme se colore. J'ai obtenu le même résultat, mais avec moins de précision, en plaçant sur le cloisonnement du bec de petits morceaux de $NaCl$, KCl, $CaCl^2$, $CaFl^2$.

Il n'y a donc aucun rapport entre la conductibilité électrique de la flamme et ses propriétés optiques relatives aux rayons de longueur d'onde $\lambda = 25^{\mu},5$. On sait ([3]) qu'il n'en est pas de même pour les métaux dont le pouvoir émissif dans cette région du spectre est déterminé par leur conductibilité électrique. La raison de cette différence est la suivante : la durée de libre parcours moyen des électrons dans la flamme (calculable par la théorie cinétique), $t = 2 \times 10^{-11}$ seconde, est bien supérieure à la période de sondes $T = 8,3 \times 10^{-13}$ seconde. Ce n'est que pour des ondes électriques de quel-

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 21 décembre 1908, p. 1397.
([2]) *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 1266.
([3]) Hagen et Rubens, *Ann. der Phys.*, t. XI, 1903, p. 888.

ques millimètres de longueur d'onde que l'absorption des flammes sera déterminée par leur conductibilité électrique.

II. Après avoir trouvé que les flammes colorées ont sensiblement la même température que les flammes non lumineuses, j'ai fait, à l'aide du bec Meker qui m'avait déjà servi, des expériences de renversement de la raie D. Le dispositif est analogue à celui qu'avait employé M. Féry [1].

On produit à l'intérieur de la flamme l'image I d'une source lumineuse (arc électrique affaibli par un système de prismes absorbants, ou bien lampe à incandescence à gros filament). Une deuxième lentille projette sur la fente d'un spectroscope l'image de la source et des points de la flamme traversés par les rayons. En faisant varier l'intensité de la source on détermine le moment où la raie D disparaît sur le fond continu. A ce moment la température du rayonnement de la flamme pour la raie D est égale à la température du rayonnement de l'image I (et non pas de la source). J'ai déterminé cette température au moyen du pyromètre optique de M. Féry.

Résultats. — 1° En colorant la flamme dans son ensemble par la méthode de Hemsalech et de Watteville, j'ai mesuré la température *moyenne* du rayonnement, et j'ai trouvé

$t = 1750°$ (source arc électrique),
$t = 1760°$ (source lampe à incandescence).

Le renversement de la raie D donne donc la même température que les rayons restants de la fluorine. L'accord est meilleur que je n'osais l'espérer.

2° En plaçant sur le cloisonnement du bec Meker un petit morceau de chlorure de sodium, on peut colorer la flamme en une région parfaitement déterminée. En faisant passer dans cette région un faisceau lumineux assez mince (1^{mm} de large au maximum dans mon dispositif), et en faisant l'expérience du renversement de la raie D, on a la température de cette région. En déplaçant la flamme sur le chariot d'une machine à diviser, j'ai déterminé la température de millimètre en millimètre pour une section perpendiculaire aux rayons lumineux, à 6^{mm} et à 15^{mm} au-dessus du cloisonnage du bec Meker. La température, basse à la limite extrême, croît rapidement jusqu'à un maximum de 1850°, très voisin du bord, puis diminue jusqu'à un minimum situé au milieu de la flamme; ce minimum est de 1700° à 6^{mm} au-dessus du cloisonnage et de 1660° à 15^{mm}. La courbe que j'ai obtenue est de forme identique, aux erreurs d'expérience près, à une courbe que

(1) FÉRY, *Comptes rendus*, t. CXXXVII, 1903, p. 909.

M. Schmidt (1) a tracée d'après la mesure au pyromètre optique de la température d'un corps solide (fil de platine) plongé dans la flamme. M. Schmidt compensait les pertes dues au rayonnement du fil par un courant électrique auxiliaire. Il existe une seule différence entre les deux courbes : celle de M. Schmidt est décalée, par rapport à la mienne, de 50° vers les basses températures.

Conclusion. — L'identité des températures de la flamme mesurées par les rayons restants et le renversement de la raie D, et surtout l'identité de forme de la courbe de M. Schmidt et de la mienne montrent que la température est le *facteur essentiel dans l'émission des spectres de raies par les flammes.* C'est même probablement le seul. La différence de 50° entre la température moyenne que j'ai trouvée et celle de M. Schmidt est due peut-être au fait que celui-ci a pris une constante de Kurlbaum trop faible (2). Une différence dans la graduation des pyromètres peut intervenir également.

PHYSIQUE. — *Sur le rayonnement des sels de potassium.* Note de M. E. **Henriot**, présentée par M. J. Violle.

Les sels de potassium présentent une radioactivité faible, mais indiscutable, qui a été mise en évidence pour la première fois par Campbell et Wood et a été étudiée depuis par divers auteurs, notamment par Mac Lellan et Kennedy.

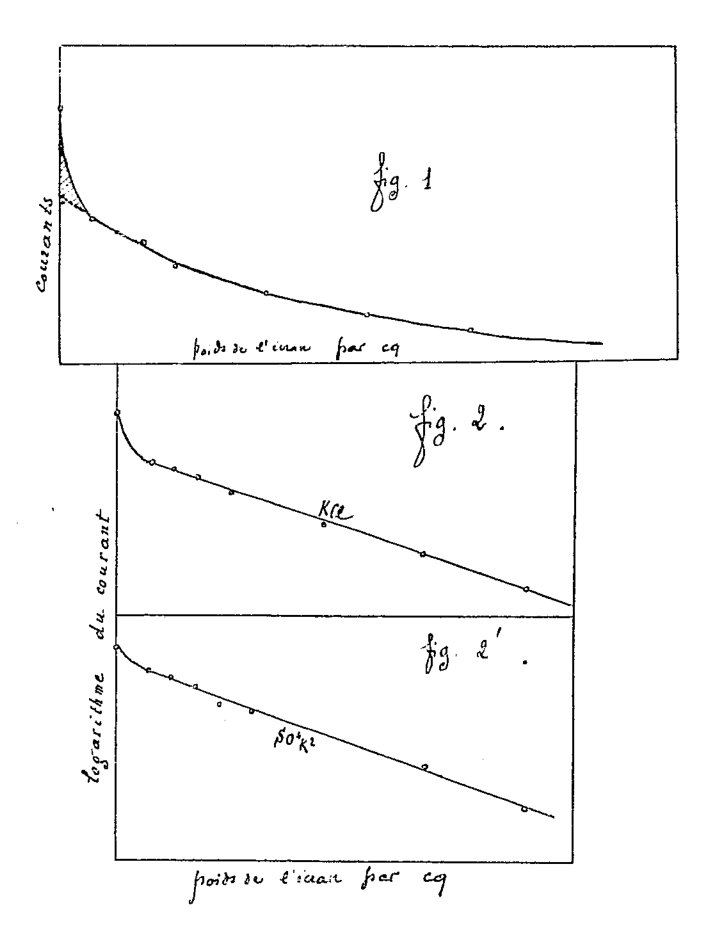
La première question qui se pose dans cette étude est celle de savoir si cette radioactivité n'est pas due à des traces d'un corps radioactif déjà connu. L'étude de la constitution du rayonnement est susceptible de fournir une réponse à cette question. Remarquons d'abord que tous les corps radioactifs connus dont la période de désactivation est très longue possèdent un rayonnement α qui en constitue la majeure partie. Les sels de potassium, par contre, ont une radioactivité qui ne diminue pas de façon appréciable avec le temps et qui cependant ne semble pas comporter de rayonnement α notable.

---

(1) H. Schmidt, *Inaug. Dissertat.*, Berlin, janvier 1909.

(2) *Cf.* les travaux récents de M. Féry (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 22 mars 1909, p. 777, et 5 avril 1909, p. 915).

Les auteurs cités plus haut sont d'accord pour assigner aux rayons du potassium une pénétration de l'ordre de celle des rayons β de l'uranium et pour déclarer que le rayonnement est *très hétérogène*. Les nombres donnés



jusqu'ici étant très différents, je me suis proposé de préciser nos connaissances sur ce point.

La conclusion à laquelle mes mesures me conduisent est que le rayonnement du potassium est au contraire sensiblement *homogène*, au degré de précision de mes expériences; autrement dit, en appelant I l'intensité du rayonnement qui a traversé une épaisseur d de la substance absorbante, I_0 l'intensité initiale, on a

$$I = I_0 e^{-\lambda d}.$$

Je me suis limité à l'étude de l'absorption par des feuillets d'étain.

La radioactivité du potassium étant de l'ordre du $\frac{1}{10000}$ de celle de l'uranium j'employais 1^{kg} de sel réparti sur une surface de 1300^{cm^2}. Le courant d'ionisation était mesuré à l'aide d'un électroscope incliné genre Wilson et corrigé de l'effet de la radiation pénétrante et de la radiation des parois fraîchement polies.

Cette correction correspond environ au quart du courant en l'absence de tout écran absorbant sur le sel. Elle est assez constante pendant une série de mesures. Une autre cause grave de perturbations vient de l'introduction d'air frais quand on ouvre la chambre d'ionisation pour introduire les écrans. M. Campbell déclare que cette perturbation supprime toute régularité dans les mesures. En réalité il suffit pour la supprimer d'attendre une dizaine de minutes au bout desquelles le courant prend une valeur fixe.

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 1 où les poids par unité de surface de feuille d'étain sont portés en abscisses, les courants en ordonnées. Dans la figure 2, j'ai fait usage d'ordonnées logarithmiques et la courbe est à peu près rectiligne. Le premier point (rayonnement sans écran) se place nettement au-dessus de la courbe qui passe naturellement par tous les autres. Ceci pourrait faire croire à l'existence d'un rayonnement peu pénétrant du genre α. Mais l'ionisation due à ce rayonnement est extrêmement faible comparée à l'ionisation du rayonnement *total*. Les figures 1 et 2' par exemple correspondent à l'échantillon de sel qui s'est montré le plus riche en rayons très absorbables. D'autre part cette partie peu pénétrante du rayonnement varie dans de notables proportions d'un sel à l'autre, ou dans les produits de fractionnement d'un même sel. Il est donc probable qu'elle est due en grande partie à une impureté.

En raison de la petitesse et de la variabilité de ce rayonnement peu pénétrant, il semble bien que le potassium émette uniquement des rayons β homogènes pour lesquels le rapport $\frac{\lambda}{\rho}$ (du coefficient d'absorption à la masse spécifique de l'étain) est égal à 16,0 : ce qui tend à les identifier à des rayons β.

La forme de ce rayonnement rend peu probable l'idée que la radioactivité des sels de potassium soit due à un élément radioactif connu. Elle est plutôt due au potassium lui-même ou à un corps inconnu qui lui est toujours associé.

PHYSIQUE. — *Sur un type nouveau de décomposition magnétique des bandes d'absorption des cristaux. Production simultanée de systèmes polarisés circulairement en des sens opposés.* Note de M. **Jean Becquerel**, présentée par M. Hamy.

J'ai rappelé dans une Note récente [1] que de nombreuses bandes de cristaux uniaxes soumis à un champ magnétique parallèle à l'axe optique et au faisceau lumineux forment des doublets dont les composantes ne semblent pas pouvoir être totalement supprimées par un analyseur circulaire convenablement orienté.

Ce phénomène a été retrouvé par M. A. Dufour dans les spectres cannelés d'émission des chlorures et fluorures alcalino-terreux. M. Dufour [2] a attribué l'effet à une « *polarisation incomplète* » de la lumière et a, par suite, appelé « *résidus de polarisation* » les faibles bandes qui, dans les spectres juxtaposés de deux vibrations circulaires inverses, paraissent prolonger les composantes.

La polarisation étant l'effet primordial dans le phénomène de Zeeman, il me paraît inadmissible que des vibrations puissent changer de période sans être polarisées. J'ai donc pensé que les prétendus résidus étaient de nouvelles composantes distinctes des autres et polarisées; l'expérience a justifié ces prévisions.

J'ai examiné les clichés que nous avons obtenus [3], M. Kamerlingh Onnes et moi, en abaissant la température des cristaux jusqu'à -253° et -259° (hydrogène solide). J'ai constaté que la raie $625^{\mu\mu}$ de la tysonite, sur laquelle j'avais observé pour la première fois l'effet en question, donne en réalité un *quadruplet formé par deux doublets polarisés en des sens opposés;* grâce à la finesse de cette bande à -253°, on voit, en effet, que les résidus formant un doublet de $0^{\mu\mu},34$ (15800 gauss) sont nettement en dehors du doublet de $0^{\mu\mu},29$ formé par les composantes principales : les deux doublets paraissent avoir même milieu.

Sur les clichés obtenus à Leyde, il est facile de voir que pour les bandes

(1) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 15 mars 1909, p. 707.

(2) A. Dufour, *Le Radium*, t. V, p. 295.

(3) Jean Becquerel et H. Kamerlingh Onnes, *Comm. Leiden*, n° 103 (*Le Radium* t. V, août 1908).

487$^{\mu\mu}$,7; 642$^{\mu\mu}$,3; 643$^{\mu\mu}$,4; 646$^{\mu\mu}$,6; 655$^{\mu\mu}$,9 du xénotime, *les résidus n'occupent pas la même position que les composantes*. Pour la bande positive [1] 522$^{\mu\mu}$,15 du xénotime, particulièrement intéressante par sa finesse et sa grande sensibilité, il m'a semblé voir un décalage entre les composantes et les résidus. J'ai alors repris les expériences à — 193° (azote liquide) : en ajoutant aux pièces habituelles de l'électro-aimant Weiss des pièces auxiliaires percées de trous de 1^{mm},5 et en rapprochant les pôles à 4^{mm}, on atteint un champ de 25000 gauss. Dans les champs faibles, on constate d'abord que les deux résidus sont dissymétriques, le résidu côté violet étant le plus intense, alors que les deux composantes ont la même intensité; au fur et à mesure que le champ croît, le résidu côté violet augmente d'intensité aux dépens de l'autre, et à partir de 20000 gauss on le voit nettement décalé à l'intérieur du doublet des composantes principales. Pour 24000 gauss, le décalage est de 0$^{\mu\mu}$,06; du côté rouge, le résidu n'est plus visible avec une lame de 0^{mm},8. Un effet analogue a lieu pour la bande négative 525$^{\mu\mu}$,2.

Un fait intéressant est le suivant : pour certaines bandes (642,3; 643,4), le milieu du doublet faible est décalé par rapport au milieu du doublet principal. Il est possible que le doublet faible soit produit par une bande satellite très voisine de la bande principale, mais il se peut aussi que les deux doublets proviennent de la même bande, l'un au moins d'entre eux ayant une dissymétrie de position par rapport à la bande primitive [2].

L'expérience montre donc que les prétendus doublets à polarisation incomplète sont des quadruplets (ou peut-être des types plus compliqués) formés de deux doublets (ou de deux parties) dont les polarisations sont de sens contraires. *Toutes les composantes sont totalement polarisées; il n'y a pas de véritables « résidus de polarisation »*.

Pour les bandes étudiées, les positions relatives des composantes semblent indépendantes de la température entre — 190° et — 259°.

---

(1) Je désigne par *bandes négatives* les bandes donnant l'effet attribué à des charges négatives et par *bandes positives* celles qui donnent l'effet inverse. Cette dénomination s'impose d'après le langage depuis très longtemps employé pour la polarisation rotatoire magnétique. Je préfère les termes *négatif* et *positif* aux termes *normal* et *anormal* employés par M. Dufour, car, dans les spectres de molécules, les deux effets sont aussi normaux l'un que l'autre.

(2) J'ai constaté que le milieu du doublet de la bande 522,1 est, dans un champ de 24000 gauss, déplacé de 0,01 à 0,02 du côté violet. Cet effet important sera étudié ultérieurement.

On peut remarquer qu'à certains points de vue les deux groupes inversement polarisés sont liés : ils occupent des positions extrêmement voisines; ils possèdent des écartements presque égaux; ils paraissent enfin subir tous deux, sous l'influence des variations de température, les mêmes changements d'intensité que la bande primitive. Ils sont, au contraire, indépendants au point de vue des dissymétries d'intensité et de position.

Ces résultats ne sont établis que pour les cristaux. Pour les spectres cannelés des vapeurs, j'ignore si les effets sont les mêmes, mais je suis bien persuadé que la *polarisation incomplète* et les *résidus* ne sont qu'une apparence.

Quoique n'ayant trouvé aucune explication sur la nature de ce phénomène, M. Dufour avait cru voir dans l'existence des résidus une grave objection à l'hypothèse des électrons positifs; l'objection paraissait d'autant plus fondée que ce physicien avait donné une règle d'après laquelle les résidus étaient liés au phénomène positif. J'avais déjà montré que cette règle ne s'appliquait pas aux cristaux; aujourd'hui je prouve, au moins pour les cristaux, qu'il n'y a pas de vrais résidus. Que reste-t-il de l'objection de M. Dufour?

Il est évident que l'existence d'électrons des deux signes expliquerait les effets observés. Si l'on veut se passer de l'hypothèse des électrons positifs, je remarque seulement que les théories les plus complètes (Lorentz, Voigt, Ritz) qui rendent compte des effets les plus anormaux, sont impuissantes (du moins sous leur forme actuelle) à expliquer *la simultanéité des phénomènes positifs et négatifs pour un même système vibrant.* Je ne sais s'il est possible d'expliquer ce fait au moyen des seuls électrons négatifs, mais au prix de quelles difficultés et de quelles hypothèses gratuites y parviendrait-on! J'estime donc que l'interprétation de ces phénomènes par l'existence d'électrons des deux signes, à cause de son extrême simplicité, mérite d'être prise en considération, à titre d'hypothèse bien entendu.

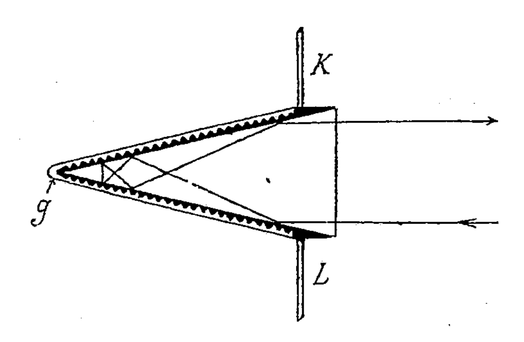
PHYSIQUE. — *Détermination de la constante de la loi de Stefan.* Note [1] de M. C. **Féry**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 22 mars 1909, p. 777), j'ai montré qu'il est indispensable, dans les mesures de rayonnement, d'employer un *récepteur intégral*.

---

(1) Présentée dans la séance du 29 mars 1909.

Le récepteur dont je me suis servi dans le présent travail était un cône en cuivre rouge (*fig.* 1) dont l'angle au sommet avait 30°. L'intérieur était noirci au noir de fumée comme il a été indiqué précédemment, et l'extérieur, fileté, portait un fil de manganine isolé pour l'étalonnage de l'appareil en watts.



Ce système, protégé par une gaine *g* en maillechort poli, était supporté au centre d'une sphère métallique par des tiges de constantan K.

Une tige de laiton isolée L reliait le récepteur au galvanomètre, dont l'autre borne communiquait à la sphère formant soudure froide.

En assurant, par ces tiges, une perte prépondérante de chaleur par conductibilité, on rend négligeables les pertes par convection, et surtout par rayonnement, qui enlèvent toute proportionnalité aux déviations.

Le récepteur avait $1^{cm},55$ de diamètre; la source rayonnante était un four électrique, diaphragmé par un écran métallique refroidi par de l'eau, et qui portait une ouverture circulaire de $2^{cm},50$ de diamètre.

A une distance de $40^{cm},7$, le four étant à 1520° absolus, on obtenait 383^{mm} de déviation sur l'échelle du galvanomètre, ce qui correspondait à $0^{watt},0618$ et à plus de 3°,5 d'élévation de température du récepteur.

La proportionnalité absolue des déviations aux watts dépensés jusqu'à $0^{watt},1$ montre que la convection et le rayonnement sont tout à fait négligeables devant les pertes par conductibilité dans la région employée.

Voici le Tableau résumant cette courbe, dont on n'a utilisé que le premier vingtième dans les mesures :

W.	Millivolts.
0,1	0,185
0,2	0,360
0,3	0,525
0,4	0,685
0,5	0,840
0,6	0,990
0,7	1,140
0,8	1,28

W.	Millivolts.
0,9	1,42
1,0	1,55
1,1	1,68
1,2	1,81
1,3	1,94
1,35	2,00

Quelques mesures préliminaires ayant montré la parfaite proportionnalité des déviations aux inverses des carrés des distances, pour une même température du four, je procédai à une série, à diverses températures, pour une même distance ($40^{cm},7$).

La température du four était donnée par un couple au platine, soigneusement étalonné, et qui fut revu à la fin de la série.

Température. vulgaire.	$(T^4 - t^4)\,10^{12}$.	W.	$\left(\frac{W}{T^4 - t^4}\right)$.	πa ou $\sigma \times 10^{-12}$ ou $\pi\left(\frac{W}{T^4 - t^4} \times \frac{D^2}{SS'}\right)$.
529	0,408	0,004325	1,06	6,04
555	0,461	515	1,115	6,35
565	0,488	561	1,15	6,55
600	0,573	643	1,20	6,39
690	0,858	936	1,091	6,22
753	1,103	0,0117	1,06	6,04
840	1,533	180	1,17	6,66
895	1,903	201	1,055	6,02
921	2,053	224	1,093	6,23
1011	2,720	306	1,115	6,35
1040	2,99	335	1,12	6,39
1095	3,50	391	1,12	6,39
1123	3,90	421	1,08	6,16
1162	4,25	471	1,11	6,33
1205	4,80	538	1,12	6,39
1268	5,70	618	1,082	6,16
1263	5,59	625	1,12	6,39
1263	5,59	620	1,11	6,32

Le rapport $\frac{W}{T^4 - t^4}$ n'offre aucune marche systématique; sa constance montre la grande exactitude de la loi de Stefan. La précision devient très bonne à partir de 1000°.

La valeur précédemment admise pour σ est $5,32 \times 10^{-12}$ watt : cm²; l'excès de 18,4 pour 100, que présente la moyenne $6,30 \times 10^{-12}$ watt : cm²,

des résultats de la dernière colonne, est bien de l'ordre que faisaient prévoir les mesures préliminaires. Je suppose la valeur de σ, ainsi déterminée, exacte à ± 2 pour 100 près. La valeur de $a \times 10^{-12}$ est donc extrêmement voisine de 2×10^{-12} watt : cm².

CHIMIE MINÉRALE. — *L'atmosphère des salles d'inhalation d'eau minérale brumifiée* (¹). *Identification de l'eau brumifiée avec l'eau de la source.* Note (²) de M. **Cany**, présentée par M. Armand Gautier.

A l'occasion de recherches sur la pénétration dans les voies respiratoires des liquides pulvérisés, et notamment des eaux minérales brumifiées, nous avons procédé à une étude méthodique de l'atmosphère des salles d'inhalation.

La brume médicamenteuse; sa production; sa composition. Ventilation des salles. — Dans les salles d'inhalation de la Bourboule (³), l'eau minérale de Choussy-Perrière arrive, sous pression de 75^{atm} à 80^{atm}, au niveau d'ajutages en agate (72 par salle), qui la convertissent en un jet filiforme très fin. Ce jet rencontre une lame de bronze inclinée à 45°, qui le divise en gouttelettes extrêmement fines ($0^{\mu},6$ à 12^{μ}, comme Emmerich l'a démontré) (⁴).

Ces gouttelettes sont entraînées dans la salle par un courant d'air chaud, à température variable, destiné en outre à renouveler l'air vicié. Cet air est expulsé au moyen de ventilateurs, à la fois par le plafond et par le sol perforé, à raison de 1500^{m^3} à l'heure environ : soit pour une salle de 425^{m^3}, un renouvellement total de l'atmosphère d'au moins trois fois dans 1 heure; ce qui octroie à chaque malade (en fonctionnement complet : 50 malades par salle) une ration personnelle de 30^{m^3} à l'heure.

L'atmosphère (mélange d'air et d'eau brumifiée) est constituée par un brouillard épais, très opaque, dont la composition varie très sensiblement, suivant la hauteur

(¹) Nous avons proposé d'appeler ainsi le brouillard artificiel qui remplit les salles d'inhalation et *procédé de brumification* le procédé qui sert à le produire : Cany, *Pulvérisations et inhalations d'eaux minérales au point de vue thérapeutique* (*Rapport au Congrès d'Hydr.*, Alger, 1909).

(²) Présentée dans la séance du 29 mars 1909.

(³) Pour la description, les détails de construction et de ventilation, *voir* Sersison, *La cure arsénicale et les nouvelles salles d'inhalation de La Bourboule* (5 pl. et 2 phot.), Masson, Paris, 1905.

(⁴) Emmerich, *Vergleichende Untersuchungen über die Leistungen verschiedener Inhalationsystème* (*Münch. Med. Woch.*, 1901, p. 1050).

considérée au-dessus du sol :

	Eau par mètre cube.
A $0^m,25$ au-dessus du sol	147^g
A $1^m,20$ au-dessus du sol (hauteur de la bouche d'un homme assis)	172,4
A $2^m,30$ au-dessus du sol	125,5

La hauteur optimum est donc bien celle à laquelle se trouvent les malades pour respirer la brume médicamenteuse.

Un échantillon d'air de la salle, pris à la fin d'une séance, à $0^m,25$-$0^m,30$ au-dessus du sol nous a fourni la composition suivante :

	Pour 100.
Oxygène	20,76
Azote (et autres gaz)	79,24

enfin, une quantité d'acide carbonique qui n'atteint pas 0,05 pour 100, limite d'appréciation pour la faible quantité d'air soumise à l'analyse.

Composition de l'eau brumifiée; comparaison avec l'eau de la source. — L'eau brumifiée a été condensée au moyen d'un réfrigérant et les échantillons recueillis furent comparés à de l'eau de Choussy-Perrière, puisée au même moment à la source.

Couleur, limpidité, goût, odeur, absolument identiques.

	Eau	
	de la source.	brumifiée.
Densité à 15°	1,00380	1,00360
Δ cryoscopique	—0,30	—0,28
Pour 1^l.		
Résidu sec à 170°	4^g,745	4^g,31
Alcalinité en (NaOH)	0,84	0,80
Chlore	1,750	1,614
» correspondant à NaCl	2,885	2,661
Soufre	0,0412	0,0385
» correspondant à SO^4Na^2	0,1881	0,1755
Fer	0,000333	0,00029
» correspondant à Fe^2O^3	0,000471	0,000414
Silice	0,134	0,117
Arsenic	0,0069	0,0034

Les dosages comparatifs de ces différents éléments nous fournissent, entre l'eau de source et l'eau brumifiée, le rapport à peu près constant de 1

à 1,07. La légère dilution de l'eau brumifiée (70^g par litre) vient, selon nous, de l'apport de vapeur d'eau par l'air chaud de la ventilation.

Le taux comparatif de l'arsenic semble présenter une différence un peu plus sensible (1 à 2,05); ainsi d'ailleurs que celui du fer (1 à 1,14) et celui de la silice (1 à 1,14).

Dans l'hypothèse d'une précipitation lente de ces éléments dans les vases où l'eau était recueillie, nous avons examiné le dépôt des bouteilles de nos divers échantillons. Dans ce dépôt composé de *Penicillium* et d'une partie impondérable de silice, nous avons trouvé par litre :

Poids du dépôt	$0^g,0087$	$0^g,0072$
Arsenic	$0^g,000007$	$0^g,000002$

Ne pouvant expliquer par une précipitation dans les bouteilles la légère différence constatée, nous avons examiné le dépôt assez abondant adhérent aux revêtements de faïence des murs de la salle. Ce dépôt, de couleur rouge orangé, est composé par décimètre carré :

SiO^2	$0^g,027$	à	$0^g,031$
Fe^2O^3	0,090	à	0,110
As	0,001	à	0,003

On peut donc, selon toute vraisemblance, songer à la fixation partielle de l'arsenic par le fer qui se dépose.

A ces quelques restrictions près, on peut conclure que le procédé de brumification de l'eau minérale utilisé à La Bourboule (compression à 80^{atm}, division en fines gouttelettes et entraînement de ces gouttelettes par un actif courant d'air), n'apporte à la constitution physico-chimique de l'eau que des modifications insignifiantes dont on n'a pas à tenir compte dans la pratique thérapeutique des inhalations.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation de l'oxyde graphitique et la définition du graphite.* Note de M. **Georges Charpy**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La distinction du graphite et du carbone amorphe repose, depuis les travaux de Berthelot, sur l'emploi du réactif de Brodie, mélange d'acide azotique fumant et de chlorate de potassium qui dissout le carbone amorphe et donne avec le graphite un corps jaune insoluble, l'oxyde graphitique. Cette

réaction a toujours été employée sous la forme empirique que lui avait donnée Brodie en 1860 et qui se prête mal à une étude quantitative.

Une méthode quantitative serait cependant nécessaire pour déterminer les conditions dans lesquelles le carbone amorphe se transforme en graphite et contrôler l'hypothèse d'après laquelle Berthelot admettait l'existence de toute une série de carbones correspondant à des condensations polymériques. En vue d'apporter une contribution à cette question, à laquelle les récentes recherches de MM. Le Chatelier et Wologdine sur le graphite ont donné un nouvel intérêt, nous avons étudié l'action de divers mélanges oxydants sur différents carbones naturels ou artificiels.

Dans ces essais, nous avons d'abord constaté que la formation de l'oxyde graphitique peut être obtenue avec d'autres oxydants que le mélange de Brodie; nous citerons en particulier le mélange d'acide sulfurique cencentré et de permanganate de potassium, ainsi que le mélange d'acide sulfurique concentré et d'acide chromique.

Le mélange permanganique transforme la plombagine naturelle purifiée ou le graphite de la fonte en oxyde graphitique cristallisé sans qu'il soit besoin d'élever la température. Si l'on chauffe, la vitesse de formation de l'oxyde graphitique augmente rapidement, mais en même temps l'on constate qu'une partie du carbone s'élimine à l'état d'anhydride carbonique, en proportion d'autant plus forte que la température est plus élevée; quand on opère sur la plombagine, le dégagement est presque nul à la température ordinaire et reste très faible jusque vers 45°, mais s'accentue rapidement au-dessus de cette température; aux environs de 100°, on dégage à peu près la moitié du carbone traité en 18 heures.

Le mélange d'acide sulfurique et d'acide chromique agit comme le mélange permanganique, mais a une tendance beaucoup plus grande à transformer le carbone ou l'oxyde graphitique en anhydride carbonique. A la température de 100°, tout le carbone de la plombagine est dégagé à l'état d'anhydride carbonique au bout de 4 à 5 heures; à 45° la vitesse de dégagement de CO^2 est à peu près la même qu'avec le mélange permanganique à 100°; enfin, à la température ordinaire, on observe encore qu'au bout de 24 heures, près de 15 pour 100 du carbone s'est dégagé à l'état gazeux.

En opérant à une température trop élevée ou en prolongeant trop longtemps le contact du réactif, on s'expose donc à gazéifier tout le carbone et à ne pas pouvoir constater la formation de l'oxyde graphitique; si l'on arrête l'opération à temps, on peut, au contraire, constater que le graphite est transformé en oxyde graphitique par contact avec le mélange chromique à la température ordinaire.

Le mélange de Brodie, qui comporte l'emploi d'un réactif solide et doit par suite être renouvelé fréquemment, se prête mal aux mêmes observations; d'après les essais que nous avons effectués, il semble qu'au point de vue de l'énergie de l'oxydation qu'il peut produire sur le carbone, il soit encore un peu moins actif que le mélange permanganique. A la température ordinaire, il ne gazéifierait le carbone que très lentement; mais cette réaction se produit dès qu'on élève légèrement la température.

Ce que nous venons de dire se rapporte à la plombagine naturelle puri-

fiée ou au graphite extrait de la fonte, qui se comportent sensiblement de la même façon. Avec d'autres carbones, le phénomène garde la même allure générale, mais les vitesses de réaction sont considérablement modifiées.

En soumettant différents carbones à l'action de mélanges oxydants à des températures plus ou moins élevées et pendant des temps plus ou moins longs, on peut constater la formation d'oxyde graphitique avec des carbones qui ont été classés jusqu'ici comme carbones amorphes. Cela tient à ce que le mode opératoire indiqué par Brodie et adopté par Berthelot et Moissan pour caractériser le graphite, dans lequel on chauffe lentement le mélange de chlorate de potassium et d'acide azotique jusque vers 60°, peut, dans certains cas, masquer la formation de l'oxyde graphitique, comme nous avons vu plus haut que le mélange chromique le fait même pour la plombagine. La détermination de la densité, faite avec les précautions indiquées par MM. Le Chatelier et Wologdine, fournit un criterium beaucoup plus sûr. C'est ainsi qu'en mesurant la densité après plusieurs compressions du corps obtenu en décomposant par la chaleur de l'oxyde graphitique, corps que Berthelot considérait comme un oxyde particulier, l'oxyde pyrographitique, et que M. Le Chatelier rapprochait du noir de fumée, nous avons obtenu le chiffre de 2,25, densité du graphite. Ce carbone, cependant, se dissout intégralement quand on le soumet à la réaction de Brodie; mais si l'on fait agir le réactif à froid seulement, sur l'oxyde pyrographitique comprimé, et si l'on ne prolonge pas trop le contact, on observe nettement la formation de l'oxyde graphitique, déflagrant sous l'influence de la chaleur. De même, le carbone extrait de l'acier par dissolution du métal dans le chlorure cuivrique peut, après dessiccation à chaud et compression à quelques milliers d'atmosphères, atteindre la densité de 2,25; il se dissout cependant dans les mélanges oxydants plus facilement encore que l'oxyde pyrographitique; mais si l'on opère seulement à froid et pendant un temps assez court, soit avec le mélange de Brodie, soit avec le mélange permanganique, on peut observer nettement la formation d'un corps ayant les propriétés de l'oxyde graphitique et qui se dissout dans un excès de réactif lentement, mais beaucoup plus vite cependant que l'oxyde préparé avec la plombagine, probablement par suite de l'état de division dans lequel il se trouve.

En résumé, il semble que la définition du graphite ne puisse être basée sur les réactions oxydantes qu'à condition d'y introduire certaines précautions que ne comporte pas le mode opératoire de Brodie; en tenant compte de cette observation on est conduit à admettre que certains carbones, notam-

ment le produit de la décomposition de l'oxyde graphitique par la chaleur (oxyde pyrographitique) et le carbone extrait de l'acier par dissolution du métal dans les sels métalliques, doivent être classés dans la catégorie des graphites.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation d'anhydride iodique pur.* Note [1] de M. MARCEL GUICHARD, présentée par M. H. Le Chatelier.

Malgré le grand nombre des réactions indiquées pour préparer l'acide iodique, il est difficile de trouver une méthode qui produise cette substance dans des conditions satisfaisantes de pureté et de rendement.

Les procédés qu'on a le plus recommandés sont l'oxydation de l'iode par le chlorate de potasse et l'oxydation par l'acide azotique fumant.

Les résultats obtenus dans les deux cas sont très loin d'être satisfaisants :

I. D'après Millon, on oxyde l'iode par le chlorate de potasse, puis on transforme l'iodate de potasse en iodate de baryte, d'où on libère l'acide iodique par l'acide sulfurique.

Stas [2], après avoir étudié cette méthode, estime qu'elle ne peut convenir pour se procurer de l'acide iodique pur.

En effet, si l'on fait agir l'acide sulfurique sur un excès d'iodate de baryte, il reste dans l'acide iodique obtenu un peu de ce sel qui s'y dissout de façon appréciable, et, si l'on fait intervenir un excès d'acide sulfuriqne pour détruire la totalité de l'iodate de baryte, il reste dans la solution un peu de sulfate de baryte et de l'acide sulfurique.

Nous avons constaté, par exemple, que 100^{gr} d'eau contenant 91^{gr} d'anhydride iodique dissolvent 0^{g},15 de sulfate de baryte à 15°.

Les cristallisations dans l'eau sont incapables de séparer de l'acide iodique l'iodate ou le sulfate de baryte, et une calcination ménagée ne peut le débarrasser complètement de l'acide sulfurique qu'il retient.

Nous sommes pourtant parvenu à purifier cet acide iodique en nous basant sur la remarque suivante:

La solubilité de l'acide iodique, très considérable dans l'eau pure, puisqu'elle atteint 187^{g},4 pour 100, est moins grande dans l'eau contenant de l'acide azotique et diminue à mesure que croît la quantité relative de cet acide.

---

[1] Présentée dans la séance du 29 mars 1909.

[2] *Œuvres complètes*, t. I, 1894, p. 543.

Ainsi nous avons trouvé qu'à 20° :

100g d'acide	azotique	de densité	1,27	dissolvent	9g,1	d'anhydride I^2O^5	,
100g	»	»	1,33	»	5g,5	»	,
100g	»	»	1,4	»	0g,67	»	.

La solubilité de l'anhydride iodique passe ainsi de 187g,4 dans l'eau pure à 0g,67 dans l'acide de densité 1,4.

On sait d'autre part que l'acide azotique étendu se concentre, quand on le chauffe, jusqu'à ce que sa densité soit précisément voisine de 1,4.

La concentration de l'acide azotique contenant de l'acide iodique en solution paraît se faire sensiblement de la même manière, de sorte qu'en ajoutant à une solution aqueuse d'acide iodique son volume d'acide azotique de densité 1,33, puis concentrant de façon à diminuer la liqueur des deux tiers, on précipite presque tout l'acide iodique à l'état de poudre cristalline dont la quantité augmente encore par refroidissement.

Cette insolubilisation presque complète de l'acide iodique permet de le débarrasser des impuretés qui l'accompagnent, sulfate, iodate de baryte, qui sont assez solubles dans l'acide azotique concentré et aussi de l'acide sulfurique libre, s'il en renferme.

Par exemple, un échantillon d'acide brut, très riche en acide sulfurique, chauffé d'abord à 220°, renferme outre cette impureté un résidu fixe s'élevant à $\frac{3}{1000}$ de son poids. Après cinq cristallisations successives dans l'acide azotique, le résidu n'est plus que de $\frac{8}{100000}$. On ne trouve plus d'acide sulfurique libre.

Le rendement atteint environ 50 pour 100 du rendement calculé à partir de l'iode total mis en expérience. La préparation précédente présente l'avantage de pouvoir être effectuée facilement à partir de 500g ou 1kg d'iode, mais elle comporte des opérations assez longues, et exige l'emploi de divers réactifs qui doivent être eux-mêmes préparés soigneusement si l'on veut pousser très loin la purification de l'acide iodique.

II. On a jusqu'ici donné la préférence à l'oxydation de l'iode par l'acide azotique fumant.

Ici on opère en présence d'un excès d'iode facile à séparer de l'acide iodique, par sublimation; le rendement doit alors être rapporté à l'acide azotique. Or, avec 100g d'acide fumant on n'obtient guère plus de 2g d'anhydride iodique. D'autre part, si l'on admet que l'acide azotique fournit à l'iode un atome d'oxygène sur six, 100g d'acide, comptés à 95 pour 100 d'acide AzO^3H, devraient donner 50g d'anhydride I^2O^5. Le rendement pratique est donc de 4 pour 100, c'est-à-dire très mauvais.

Nous avons été conduit à oxyder l'iode par l'anhydride azotique. L'iode sec et mieux l'iode humide se transforment très facilement, avec élévation de température, en anhydride iodique au contact d'anhydride azotique en vapeurs.

Il convient d'opérer de la façon suivante :

Au col d'une cornue tubulée bouchant à l'émeri, de 500^{cm^3}, on soude un tube de verre long de 80^{cm} et large de $2^{cm},5$. Ce tube, maintenu horizontal, renferme 60^g d'iode, humecté d'acide azotique fumant, étalé sur une grande longueur, et présentant ainsi une surface étendue à l'action de l'anhydride azotique.

Ce dernier est produit en introduisant dans la cornue un mélange, fait en refroidissant comme cela fut indiqué par M. Berthelot, de 125^g d'acide azotique fumant et de 150^g d'anhydride phosphorique.

Si l'on a soin de chauffer la cornue au bain-marie, le dégagement d'anhydride azotique se fait très régulièrement et sans boursouflement.

On maintient la température du bain-marie, au début, à 50°; plus tard, on la laisse monter progressivement jusqu'à 90°.

Après l'expérience, en inclinant le tube pour faire tremper son extrémité dans un verre contenant de l'eau, et produisant une lente aspiration par la tubulure de la cornue, on fait monter l'eau dans le tube; elle y dissout l'acide iodique. On peut ensuite évaporer à sec cette solution et chauffer à 220° l'anhydride obtenu.

Cette nouvelle manière d'oxyder l'iode est dix fois plus avantageuse que la méthode qui utilise l'action directe de l'acide fumant, car elle donne, à partir de 100^g d'acide azotique fumant, 20^g d'anhydride iodique au lieu de 2^g. On pourrait théoriquement en obtenir 50^g, ce qui fait un rendement de 40 pour 100.

L'action de l'anhydride azotique sur l'iode nous semble convenir pour préparer des échantillons très purs d'anhydride iodique. Le corps oxydant est en effet distillé dans l'expérience elle-même, et il serait facile de sublimer également l'iode dans le tube où se fait l'oxydation.

Je recherche actuellement à déterminer dans quelle mesure il est possible d'éliminer quelques impuretés dont on peut encore craindre la présence dans l'anhydride iodique ainsi préparé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse totale de la laudanosine.* Note de M. **Amé Pictet** et Mlle **M. Finkelstein**, présentée par M. A. Gautier.

M. B. Athanasesco et l'un de nous [1] ont obtenu il y a quelques années la laudanosine en partant d'un autre alcaloïde de l'opium, la papavérine, en réduisant son chlorométhylate par l'étain et l'acide chlorhydrique, et en dédoublant le produit (méthyltétrahydropapavérine racémique) en ses

[1] A. Pictet et B. Athanasesco, *Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 689.

deux modifications optiques au moyen de l'acide quinique ; la modification dextrogyre s'est montrée identique à la laudanosine naturelle.

Cette synthèse partielle fixait la constitution de la laudanosine ; sa formule découle comme suit de celle de la papavérine, qui a été, on le sait, établie par M. Goldschmiedt :

CH
CH^3O CH
CH^3O Az
C
|
CH^2
|
OCH³
OCH³

→

CH^2
CH^3O CH^2
CH^3O Az — CH^3
CH
|
CH^2
|
OCH³
OCH³

Papavérine (tétraméthoxybenzyl-isoquinoléine).

Laudanosine (méthyltétrahydropapavérine droite).

Nous avons réussi aujourd'hui à effectuer la synthèse complète de la laudanosine ; la longue série des opérations qui nous ont conduits à ce résultat peut être résumée comme suit :

1° Préparation de l'*homovératrylamine*

$$(CH^3O)^2C^6H^3—CH^2—CH^2—AzH^2$$

par l'action de l'hypobromite de soude sur l'amide diméthylhydrocaféique

$$(CH^3O)^2C^6H^3—CH^2—CH^2—CO—AzH^2$$

(obtenue elle-même à partir de la méthylvanilline par des réactions connues).

2° Préparation de l'*acide homovératrique* à partir de l'eugénol selon les indications de Tiemann et Nagai [1], et transformation de cet acide en son chlorure

$$(CH^3O)^2C^6H^3—CH^2—COCl.$$

3° Combinaison du chlorure homovératrique et de l'homovératrylamine en présence de soude caustique, ce qui donne l'*homovératroyl-homovératrylamine*

$$(CH^3O)^2C^6H^3—CH^2—CH^2—AzH—CO—CH^2—C^6H^3(OCH^3)^2.$$

4° Traitement de ce composé par l'anhydride phosphorique ; il y a, dans ces condi-

(1) *Berichte der deutschen chem. Gesellschaft*, t. X, p. 201.

tions, perte d'une molécule d'eau, cyclisation et formation d'une *dihydropapavérine,* selon l'équation

```
            CH²                            CH²
CH³O/\  /\CH²                 CH³O/\  /\CH²
    |  ||  |                       |  ||  |
CH³O\/H /AzH               ,   CH³O\/\ //Az
         /                             \\
        CO                              C
        |            =                  |                 + H²O.
        CH²                             CH²
        |                               |
        /\                              /\
       |  |                            |  |
        \/OCH³                          \/OCH³
        OCH³                            OCH³
```

5° Transformation de la dihydropapavérine en son chlorométhylate et réduction de celui-ci au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique. Le produit de cette dernière opération est, comme un examen comparatif nous l'a montré, identique en tous points à la *méthyltétrahydropapavérine racémique* obtenue par réduction de la papavérine de l'opium.

Étant donné que la méthyltétrahydropapavérine a été, comme on l'a dit plus haut, convertie par dédoublement en sa modification dextrogyre, et que celle-ci a été reconnue être identique à la laudanosine naturelle, la synthèse complète de cette dernière base se trouve donc réalisée.

C'est le premier alcaloïde de l'opium qui ait été reproduit à cette heure artificiellement.

Nous espérons obtenir la papavérine par oxydation ménagée de la dihydropapavérine. Nous avons aussi l'intention d'étendre les réactions indiquées plus haut à certains composés aromatiques de constitution semblable, ce qui pourra nous conduire à la synthèse d'autres alcaloïdes du groupe de la papavérine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation catalytique des cétones.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. Georges Lemoine.

I. Dans une précédente Communication [1], j'ai indiqué comment l'alumine précipitée et séchée au-dessous du rouge permettait d'obtenir facile-

---

[1] *Comptes rendus,* 25 janvier 1909, p. 227.

ment l'éther ordinaire en partant de l'alcool éthylique. L'oxyde de méthyle s'obtient dans les mêmes conditions, à des températures qui ont varié de 250° à 370°. Avec l'alcool propylique intervient la formation d'un carbure éthylénique condensé, de telle sorte que la proportion d'oxyde de propyle n'a pas dépassé 30 pour 100. C'est également un carbure éthylénique condensé, le diisobutylène, qui constitue la presque totalité de la transformation de l'alcool isobutylique. Je me suis adressé sans succès à des catalyseurs autres que l'alumine, sulfate, silicate et phosphate d'alumine, anhydride tungstique, thorine. La préparation des oxydes alcooliques par l'alumine se borne donc pratiquement aux deux premiers termes, les oxydes de méthyle et d'éthyle, qui sont, il est vrai, les plus importants et qu'il sera facile de fabriquer industriellement par le nouveau procédé.

II. Pour les acétones, au contraire, le procédé de préparation que je vais décrire a complètement réussi dans tous les cas où il a été employé, en sorte qu'il paraît d'une application générale.

J'avais déjà préparé la propanone en faisant agir l'alumine précipitée sur les vapeurs d'acide acétique ([1]). On peut admettre que, dans une première phase, on a l'anhydride acétique :

$$\begin{matrix} CH^3 - CO.O\boxed{H} \\ CH^3 - CO.\boxed{OH} \end{matrix} = H^2O + \begin{matrix} CH^3 - CO \\ CH^3 - CO \end{matrix}\!\!>O.$$

Puis cet anhydride se trouve lui-même décomposé en donnant l'acétone :

$$\begin{matrix} CH^3 - CO \\ CH^3 - CO \end{matrix}\!\!>O = CO^2 + CH^3 - CO - CH^3.$$

Et, en effet, des vapeurs d'anhydride acétique passant sur l'alumine donnent, dès 300°, de la propanone et CO^2 qui se produit en abondance vers 380°.

Or, tandis qu'avec l'acide acétique l'alumine précipitée fournit très aisément la propanone, avec l'acide propionique l'opération déjà marche moins bien; avec l'acide butyrique, le rendement est médiocre; il devient mauvais avec l'acide isobutyrique.

La réaction se fait beaucoup mieux lorsque, au lieu de l'acide libre, on emploie son éther éthylique, qui est catalysé d'après l'équation

$$2\,RCO.OC^2H^5 = 2\,C^2H^4 + CO^2 + H^2O + RCOR.$$

Aux températures de 380° à 420°, on a un rendement très convenable d'acétone, dont il y aurait eu lieu d'être satisfait si, par une autre voie, je n'avais trouvé mieux.

([1]) *Comptes rendus*, 9 juin 1908, p. 1211.

III. En essayant les catalyseurs nommés plus haut, je constatai que la *thorine* (ThO^2 anhydre), qui s'était montrée la moins efficace pour la production des oxydes alcooliques, convertissait au contraire les acides libres en acétones avec une facilité remarquable. Le liquide recueilli se partage, sauf pour la propanone qui est très soluble, en deux couches superposées : une couche inférieure aqueuse et une couche supérieure qui était la cétone sensiblement pure.

J'ai obtenu de la sorte, outre la propanone déjà préparée par l'alumine, les cétones suivantes :

La *propione* ou *diéthylcétone* $C^2H^5 - CO - C^2H^5$, à partir de l'acide propionique, dont la transformation en acétone par la thorine commence vers 280° et se fait rapidement, sans aucune perturbation, de 380° à 420°. On recueille un liquide bouillant à peu près en entier vers 102° et ayant une odeur qui rappelle celle de la propanone.

La *butyrone* ou *dipropylcétone* $CH^3 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^2 - CH^2 - CH^3$, à partir de l'acide butyrique normal, qui bout à 161°-163° et dont les vapeurs, en passant sur la thorine, de 380° à 420°, fournissent un liquide bouillant presque totalement vers 145° et ayant une odeur de fruit.

L'*isobutyrone* ou *diisopropylcétone* $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CH - CO - CH\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$ avec l'acide isobutyrique, qui bout à 152° et qui, en présence de la thorine, fournit, de 400° à 430°, un liquide bouillant vers 125° et ayant une odeur légèrement camphrée, surtout à chaud.

IV. Un cas intéressant était celui de l'acide formique. Sa décomposition catalytique par déshydratation externe conduirait à l'aldéhyde formique

$$\begin{matrix}HCO.O\boxed{H}\\HCO.\boxed{OH}\end{matrix} = H^2O + CO^2 + HCHO.$$

Mais on sait que, dès la température de 260°, la chaleur seule décompose cet acide en eau et oxyde de carbone

$$HCO.OH = H^2O + CO.$$

Cette action de la chaleur ne risque-t-elle pas d'être prépondérante ? Elle l'est en effet avec l'alumine qui abaisse seulement à 200° la température de destruction, et il ne se dégage que de l'oxyde de carbone.

Avec la thorine les choses se passent autrement. La réaction commence encore vers 200°; mais on a toujours une forte proportion de gaz carbonique qui atteint son maximum vers 250°, où elle s'élève à 65,5 pour 100. Le liquide recueilli sent fortement le formol et est un mélange d'aldéhyde formique et d'acide non altéré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation de peroxydes dans l'oxydation des organo-magnésiens.* Note de M. **H. Wuyts**, présentée par M. D. Gernez.

M. Bodroux, en traitant la solution éthérée de phénylbromure de magnésium par l'oxygène, a pu isoler du phénol (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 158).

Reprenant cette étude, j'ai constaté en même temps que la formation de phénol celle d'autres corps dont l'apparition ne peut guère s'expliquer qu'en admettant l'existence temporaire dans le mélange de substances extrêmement actives. J'ai obtenu du benzène beaucoup de diphényle, du paradiphénylbenzène, des phénols autres que le phénol ordinaire, et enfin de l'alcool phényléthylique secondaire en quantité considérable et un peu d'alcool éthylique.

La formation simultanée de ces deux alcools me paraît être le premier exemple où l'on voit, dans les solutions de Grignard, l'éther participer directement à la réaction. On pourrait la formuler très simplement :

$$C^6H^5MgBr + C^2H^5OC^2H^5 + O = C^6H^5CHOH.CH^3 + C^2H^5OMgBr.$$

Mais, d'après toute vraisemblance, les choses sont plus compliquées. Rappelons, d'autre part, que Poleck et Thümmel (*Ber. deutsch. Gesell.*, t. XXII, p. 2863) ont montré que l'alcool vinylique est un produit d'oxydation de l'éther. Or l'alcool phényléthylique pourrait précisément s'obtenir par l'addition de $C^6H^5.MgBr$ à la molécule de l'alcool vinylique ou de son isomère l'aldéhyde éthylique. Quoi qu'il en soit, il semble difficile d'attribuer à l'action directe de l'oxygène la formation de ces substances; j'ai cherché à mettre en évidence d'une autre manière l'existence de composés peroxydés dans les solutions éthéro-magnésiennes exposées à l'action de l'oxygène.

De l'éthylbromure de magnésium additionné de toluène, soumis à basse température à un courant d'oxygène sec, devient capable de mettre de l'iode en liberté dans une solution d'iodure de potassium légèrement acétique.

L'hydroquinone traitée par un organo-magnésien ne tarde pas à bleuir à l'air; la coloration est intense dans l'oxygène pur. Par contre, l'hydroquinone en léger excès, additionnée de la solution magnésienne dans l'hydrogène, ne bleuit pas quand on l'expose ensuite à l'air; ce n'est qu'après de nombreuses heures qu'elle se colore faiblement.

L'emploi de ces réactifs pouvait laisser quelque doute, certains échantillons d'éther agissant facilement sur le premier et légèrement sur le second; mais cet éther peroxydé est sans action sur les deux réactifs suivants.

La diphénylamine mêlée aux solutions magnésiennes à l'abri de l'air donne un liquide incolore; à l'air, il se développe une coloration bleue très intense passant bientôt au rouge violacé.

Le sulfure d'éthyle et de paradiméthylaminophényle $C^2H^5SC^6H^4N(CH^3)$ donne lieu aussi à une très belle coloration bleue au contact de l'air.

Comme l'organométallique est un milieu réducteur et que ces réactions colorées ne sont explicables que par l'intervention d'un oxydant énergique, j'y vois, tout comme dans l'oxydation de C^6H^5MgBr, la présence de peroxydes qui seraient les produits primaires de cette oxydation.

Je continue mes recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les tétrahydronaphtylglycols (cis et trans) et leur combinaison.* Note de M. **Henri Leroux**, présentée par M. E. Jungfleisch.

I. MM. Bamberger et Lodter ([1]) ont préparé un tétrahydronaphtylglycol (*a*) en saponifiant par la potasse aqueuse, soit le dibromure de dihydronaphtaline (*b*), soit la tétrahydronaphtylchlorhydrine (*c*) :

```
 CH   CH²          CH   CH²          CH   CH²          CH   CH²
HC/ \C/ \CHOH     HC/ \C/ \CHBr     HC/ \C/ \CHOH     HC/ \C/ \CH
  |   ||  |         |   ||  |         |   ||  |         |   ||  |  >O
HC\ /C\ /CHOH     HC\ /C\ /CHBr     HC\ /C\ /CHCl     HC\ /C\ /CH
 CH   CH²          CH   CH²          CH   CH²          CH   CH²
     a.                b.                c.                d.
```

La présente Note fait connaître un isomère de ce glycol; elle établit que le premier de ces composés est un stéréoisomère cis, le second étant le stéréoisomère trans; elle établit en outre que les deux isomères, cis et trans, forment entre eux une combinaison dont la connaissance présente un intérêt général parce qu'elle indique l'existence d'autres combinaisons analogues.

II. J'ai obtenu deux corps ayant la composition du tétrahydronaphtylglycol en traitant, à l'ébullition et en solution acétique, le dibromure de

---

([1]) *Annalen der Chemie*, t. CCLXXXVIII, 1895, p. 74.

dihydronaphtaline par l'acétate d'argent pris en léger excès; on obtient un éther acétique liquide, très peu fluide, incristallisable. Cet éther est saponifié après une demi-heure d'ébullition avec la potasse alcoolique; on sature alors par CO^2 et l'on distille le liquide alcoolique; le résidu est un mélange des glycols.

L'ensemble, après cristallisation dans la benzine, fond à 110°; mais, lorsqu'on le soumet à des cristallisations répétées un grand nombre de fois, on le sépare en deux substances, l'une plus soluble et fusible à 118°, l'autre fusible à 140°. Ces deux corps donnent à l'analyse des chiffres qui correspondent à la formule : $C^{10}H^{12}O^2$.

III. Ces deux produits sont isomères avec le glycol fusible à 135°, découvert par Bamberger et Lodter; ce dernier composé, ayant été obtenu aussi en hydratant l'oxyde d'éthylène correspondant (*d*), par simple ébullition avec l'eau, doit être envisagé comme l'isomère cis. Diverses considérations me font regarder le glycol que j'ai obtenu, et qui fond à 118°, comme étant l'isomère trans.

IV. Le *transtétrahydronaphtylglycol* est peu soluble dans l'eau à froid, plus soluble à chaud, très soluble dans l'alcool et difficilement soluble dans la benzine, l'éther ou la ligroïne. Par évaporation spontanée de sa solution alcoolique, il cristallise en grandes tables striées.

Son *diacétate* cristallise en très gros prismes fusibles à 59°. Le *dibenzoate* forme de beaux cristaux peu solubles dans l'alcool, fusibles à 127°. Le *diphényluréthane* se présente en petites aiguilles, fusibles à 175°.

D'une façon générale les dérivés du transtétrahydronaphtylglycol sont plus solubles que les dérivés correspondants du cis; la différence est surtout marquée dans le cas des diacétates.

V. Le troisième isomère, fondant à 140°, dont j'ai indiqué plus haut la formation et la séparation, se présente en aiguilles fines; il est peu soluble dans la benzine, la ligroïne, l'éther. Il est très soluble dans l'eau.

Éthérifié par l'anhydride acétique, en présence de pyridine, il fournit deux éthers diacétiques; l'un est fusible à 111° et se montre en tous points semblable à l'éther diacétique du cistétrahydronaphtylglycol; l'autre fond à 59° et est identique à l'éther diacétique du transtétrahydronaphtylglycol.

Ce troisième composé fournit donc par éthérification les éthers acétiques des glycols cis et trans; il ne saurait cependant être considéré comme un mélange de ces deux diols : il est moins soluble qu'eux, il fond à une température plus élevée; enfin des cristallisations répétées dans des dissolvants variés n'ont pu y effectuer aucune séparation. C'est bien un composé défini. L'expérience suivante démontre qu'il est une combinaison à molécules égales du cisglycol avec le transglycol.

Si l'on mélange une solution benzénique et froide contenant 0,5 pour 100 de cisglycol avec volume égal d'une solution semblable du transglycol, on obtient immédia-

tement un précipité volumineux formé d'aiguilles identiques au troisième composé fusible à 140°. La combinaison ainsi formée n'est pas séparable en ses composants par des cristallisations; on a vu plus haut qu'elle est séparée après éthérification.

Les glycols cis et trans sont inactifs sur la lumière polarisée, mais l'apparence du phénomène de combinaison rappelle la production d'un racémique aux dépens des isomères droit et gauche.

Dans tous les cas, l'union directe du cisglycol et du transglycol explique la formation de la combinaison fusible à 140° dans la préparation indiquée plus haut.

VI. Lors de cette préparation, les proportions des éthers acétiques du composé cis et du composé trans varient avec les circonstances de l'opération. Quand intervient un excès d'acétate d'argent, il se forme un excès d'acétate du glycol trans; on peut ensuite, après saponification, isoler le glycol trans de la combinaison cis et trans, produite par l'union de ses composants; en faisant réagir les mêmes réactifs en proportions théoriques, il n'y a pas d'excès d'acétate trans et les deux acétates cis et trans peuvent être séparés par cristallisation.

Ces observations permettent de croire que le dibromure de dihydronaphtaline est lui-même une combinaison des deux isomères cis et trans que prévoit la théorie. Dans cette hypothèse, la production exclusive de l'isomère cis lors de la saponification du dibromure de dihydronaphtaline par la potasse aqueuse nécessiterait une transposition moléculaire du composé trans en composé cis; on peut supposer que cette transposition se réalise par suite de formation de bromhydrine, puis d'oxyde d'éthylène correspondant, lequel fournit, par hydratation, le cis-glycol.

Les faits précédents donnent à penser que d'autres dérivés cis et trans doivent fournir des combinaisons analogues à celle des deux tétrahydronaphtylglycols cis et trans. Il m'a déjà été possible de le vérifier. Je dois à l'obligeance de M. Brunel d'avoir pu produire une combinaison semblable avec les deux orthocyclohexanediols : le cis-orthocyclohexanediol de Brunel, fusible à 104°, et le trans-orthocyclohexanediol de Markownikoff, fusible à 99°. Le mélange équimoléculaire de ces glycols ayant été dissous dans la benzine, la liqueur a été évaporée; le résidu, repris par l'éther de pétrole, a fourni un composé cristallisé, fusible à 73°, paraissant identique au composé obtenu par MM. Sabatier et Mailhe (1) dans l'hydrogénation de la pyrocatéchine.

J'examine, au même point de vue, d'autres composés cis et trans. Des

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1195.

publications récentes ont signalé des isomères inattendus qui s'ajoutent aux isomères cis et trans; ces isoméries pourraient trouver leur explication dans l'existence de combinaisons analogues à celles décrites dans cette Note.

MINÉRALOGIE. — *Une nouvelle région à roches sodiques en Auvergne. Téphrites et Néphélinites dans « la Comté ».* Note de MM. **J. Giraud** et **A. Plumandon**, présentée par M. Michel Lévy.

Les roches sodiques n'étaient jusqu'ici connues qu'en deux points en Auvergne : 1° au Mont-Dore, où M. Michel Lévy avait mis en évidence, dans l'étoilement périphérique, la présence de roches à Haüyne-Sodalite (Banne d'Ordanche, Roc Blanc, col du puy de l'Ouire, Mareuge, Fontmarcel); 2° au puy de Saint-Sandoux, où M. A. Lacroix, en 1893, a étudié des néphélinites et des téphrites à olivine.

En 1890, M. Michel Lévy, dans son étude sur le Mont-Dore, avait signalé, au nord-est de Sallèdes, un point où il avait constaté des téphrites à olivine.

Au cours de recherches en vue de la revision de la Carte géologique, nous avons reconnu que l'extension de ces téphrites était beaucoup plus considérable qu'on ne le supposait. Elle comprend, en effet, presque tout le massif volcanique, assez ancien, désigné sous le nom de *Comté*, situé sur la rive droite de l'Allier et s'étendant de Saint-Babel jusque vers Billom et de l'Allier jusqu'à Saint-Jean-des-Ollières et sans doute au delà. Les roches sodiques se retrouvent encore sur la rive gauche de l'Allier, notamment entre Plauzat et la Sauvetat, où trois dykes de téphrites traversent les marnes et calcaires du Stampien moyen, sur le flanc oriental du plateau de Corent où elles ont formé des pépérites et enfin vers Jussat. Il est probable que les études en cours élargiront encore l'aire des téphrites.

Toutes ces téphrites présentent un ensemble de caractères communs que nous pouvons signaler brièvement.

Ce sont des roches noires, très riches en métasilicates, qui, jusqu'ici, avaient été confondues avec les basaltes. Les éléments noirs dominent sous forme d'augite et de magnétite; l'olivine y est abondante; viennent enfin la néphéline ou des minéraux du groupe haüyne-sodalite et les plagioclases; le sphène n'est pas rare. Les phénocristaux sont surtout formés par l'augite violette, très dispersive, parfois bordée d'ægyrine comme au puy de Saint-Sandoux, l'olivine en très grandes plages, la magnétite et, plus rarement, l'ilménite. Les feldspaths en grands cristaux manquent totalement.

La noséane existe parfois; la néphéline, assez peu abondante en général, affecte

vis-à-vis des autres minéraux les relations signalées par M. Lacroix dans les néphélinites du puy de Saint-Sandoux.

Les microlites sont formés par l'augite qui existe abondamment soit en grains, soit en très petits cristaux allongés, ct par des feldspaths assez variables suivant les types. Ils varient en effet avec les roches de l'oligoclase jusqu'au labrador; mais la plupart des téphrites renferment des microlites d'andésine. Dans certains types on observe des microlites de biotite.

Les essais chimiques ont révélé dans toutes ces roches la présence de notables quantités de soude provenant de la néphéline ou des minéraux du groupe haüyne-sodalite. M. A. Lacroix a bien voulu confirmer nos déterminations pour quelques roches que nous lui avions communiquées.

Il semble qu'il y ait là une série continue partant de roches sans feldspath qui sont des néphélinites franches, allant, par des téphrites andésitiques acides à olivine, jusqu'à des téphrites labradoriques basiques à olivine.

Le mamelon arrondi situé au nord de Benaud, sur la pente sud-ouest du puy de Montmol, est formé de néphélinite. Le massif du puy de Saint-Hippolyte et du Bois-Chaud, à l'est de Vic-le-Comte, comprend des téphrites andésitiques à olivine, à microlites acides; il en est de même pour les contreforts de ce massif s'étendant à l'Est et au Sud, jusque vers Manglieu et Saint-Babel. Le puy de Manglieu est couronné par une téphrite andésitique à olivine. Le massif de Cheix-Blanc paraît seul, dans cette région, de nature basaltique. A l'Est, vers Sallèdes, toutes les collines notées en basalte sont des téphrites acides, comme le puy de Cordeloup à l'est d'Isserteaux. La butte pépéritique (722, État-Major) à l'ouest de cette localité présente les téphrites les plus basiques de la région; leurs microlites feldspathiques sont du labrador.

Au Nord, les puys de Serpanoux, Cadebaud, Montmol, Saint-Romain, Saint-André, la Roche-Noire, sont également en téphrites andésitiques à olivine.

Dans cette même région les phonolites sont très développées et renferment parfois (Sallèdes) de l'haüyne en cristaux nombreux et volumineux. Le puy de Mercurol est de même *exclusivement* formé par une phonolite feldspathique sans aucun basalte à sa partie supérieure. Ces phonolites du puy de Mercurol ont même formé, par leur intrusion dans les marnes stampiennes, des pépérites comparables à celles de la Limagne. Nous devons, à ce propos, faire remarquer que cette région des téphrites est particulièrement riche en pépérites; aussi l'absence de feldspath dans ces pépérites, déjà signalée par M. Lacroix en 1900, s'explique-t-elle facilement.

Quant à l'âge exact de ces téphrites à olivine, nous possédons peu de rensei-

gnements précis; mais il est certain qu'elles ont fait éruption à des époques très différentes et que les téphrites de la Roche-Noire, par exemple, sont beaucoup plus récentes que celles du puy de Saint-Romain.

Ces études seront continuées par M. Plumandon, qui déterminera l'extension exacte de ces roches sodiques, leur rôle géologique, leur âge, leur composition chimique. Des analyses seront publiées prochainement.

MINÉRALOGIE. — *Sur la composition de la bauxite.* Note de M. **Arsandaux**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans le but d'étudier les argiles intertropicales (latérites), et de les comparer aux produits similaires des régions tempérées, aux kaolins et aux bauxites, en particulier, je me suis proposé, au préalable, de préciser la nature chimique des dernières de ces roches, dont la composition est encore sujette à discussion.

On sait que la bauxite est essentiellement constituée d'alumine hydratée, associée dans les proportions les plus variées à de l'oxyde de fer, ainsi qu'à de l'oxyde de titane et à de la silice, principalement.

L'état sous lequel se trouvent ces divers corps est à peu près impossible à déterminer par un examen optique ou par une analyse globale de la bauxite, car ils constituent des mélanges de matières toutes isotropes, en général, que leur état d'extrême division rendent en outre inséparables mécaniquement. Toutefois, l'état d'hydratation de l'alumine a pu être déterminé dans quelques minerais particulièrement pauvres en Fe^2O^3, TiO^2 et SiO^2; dans certains cas, il correspond à Al^2O^3, H^2O, dans certains autres, à $Al^2O^3, 3H^2O$.

Dans un assez grand nombre de bauxites françaises pauvres en SiO^2 et TiO^2, j'ai pu mettre en évidence que l'état d'hydratation de l'alumine est à peu près fixe, indépendant, par suite, des proportions d'oxyde de fer renfermées dans ces minerais.

Ce résultat a été obtenu en scindant l'analyse des bauxites en deux parties concernant : l'une, la portion de celles-ci mise en dissolution par l'action de l'acide chlorhydrique concentré (au bain-marie, pendant 1 heure); l'autre, les insolubles provenant de cette dernière opération, qui sont totalement attaquées par l'acide sulfurique. Dans ces conditions, on observe, en effet, que la liqueur chlorhydrique renferme la totalité du fer des minerais, une quantité d'alumine le plus souvent négligeable, parfois aussi des traces d'oxyde de titane et de silice; la partie insoluble, par contre, renferme la

presque totalité de l'alumine, et, en pratique, tout l'oxyde de titane et toute la silice; aussi peut-on, par la détermination de l'eau de combinaison de l'insoluble, fixer avec une certaine exactitude le degré d'hydratation de l'alumine constituant la majeure partie de sa masse, et, par calcul, préjuger de la proportion d'eau unie à l'oxyde de fer.

Voici les résultats d'analyses effectuées en collaboration avec M. Blot, sur des bauxites constituées toutes de matières isotropes, en employant une méthode en accord avec les observations présentées ci-dessus :

	Perte au feu vers			A.	B. Inattaqué par HCl.					C.	D. Attaqué par HCl.		
	250°.	600°.	950°.		H^2O (1).	Al^2O^3.	TiO^2.	SiO^2.	Total.		Fe^2O^3.	Al^2O^3.	H^2O (2).
1...	0,5	8,9	10,6	55,8	15,5	79,7	2,8	1,6	99,6	44,2	38,7	1,7	2,9
2...	0,3	12,5	14,5	92,6	15,5	81,1	2,9	1,0	100,5	7,4	2,5	3,0	1,6
3...	0,5	11,8	12,4	76,9	15,9	80,1	2,1	2,6	100,7	23,1	20,9	1,5	0,5
4...	0,7	13,2	15,5	94,2	15,7	80,3	2,7	1,8	100,5	5,8	2,5	1,6	1,2
5...			15,0	97,7	15,4	81,4	2,8	0,3	100,0	2,3	0,5	1,7	0,1
6...	0,3	11,8	14,8	97,4	15,0	80,7	2,1	0,4	98,2	2,6	0,3	2,1	0,2
7...	0,4	9,8	12,4	78,2	15,5	81,5	1,2	1,1	99,3	21,8	19,3	2,1	0,3
8...	0,6	7,6	10,2	58,5	15,1	78,3	2,9	3,2	99,5	41,5	38,9	0,8	1,6
9...	0,9	9,7	12,4	69,4	14,7	76,6	5,1	2,8	99,2	30,6	25,5	1,6	2,8
10...	0,9	10,3	10,9	69,5	15,4	80,0	4,0	1,1	100,5	30,5	26,2	3,3	0,6
11...	0,4	12,5	14,3	93,8	15,1	81,0	3,8	0,9	100,8	6,2	4,8	1,0	0,3
12...	0,6	12,3	13,9	89,3	14,8	81,4	4,1	0,9	101,2	10,7	9,1	1,0	0,7
13...	0,8	9,8	10,4	67,6	14,8	78,0	4,7	1,7	99,2	32,4	30,1	1,3	0,7
14...	0,8	11,1	14,8	92,5	14,5	76,5	3,9	3,8	98,7	7,5	1,6	4,3	1,5
15...	6,7	15,6	20,7	65,6	24,2	70,0	2,4	3,5	100,1	34,4	12,2	15,3	5,9

Les résultats consignés dans les colonnes B sont pour 100 de matière inattaquée; tous les autres, pour 100 de minerai brut; ceux de C sont calculés par différence avec 100 des chiffres de A.

Remarque. — Il n'a pas été tenu compte dans ces analyses, de quantités toujours fort petites de CaO et MgO se trouvant souvent dans la partie attaquée et souvent aussi dans celle inattaquée par HCl.

1, 2, 8, 9, 10, 11, Loupian (Hérault), coll. de M. M. Brongniart; 3, 4, 12, 13, Gardanne (Bouches-du-Rhône), coll. de M. C. Combes; 14,

(1) Par perte au feu.

(2) Moyenne des teneurs calculées : 1° par différence entre les chiffres de C et $Fe^2O^3 + Al^2O^3$ correspondants; 2° par combinaison de la perte au feu vers 950° et de celle de l'inattaqué correspondant.

La Brasque (Var), coll. de M. L. Jecker; 5, 6, 7, Thovonet (Var); 15, les Baux (Bouches-du-Rhône), coll. du Muséum d'Histoire naturelle.

1 et 2, 8 et 9, 13 et 14, parties respectivement rouges et blanches d'échantillons bigarrés.

5, fragment de sphérolite à structure radiée; 15, bauxite pisolitique dont chaque grain comporte un centre alumineux blanc et une périphérie ferrugineuse (ciment ferrugineux).

L'interprétation de ces résultats conduit aux conclusions suivantes s'appliquant à tous les échantillons analysés, sauf un (15) :

a. L'alumine existe dans ces bauxites dans un état d'hydratation voisin de celui de l'hydrate défini Al^2O^3, H^2O (Al^2O^3 : 85; H^2O : 15 pour 100 (voir col. B, H^2O). Cet état est donc indépendant de la teneur en fer de ces minerais, même dans les parties différentiées d'un même échantillon (voir 1 et 2, 8 et 9, 13 et 14).

b. L'oxyde de fer est voisin de l'état anhydre (voir col. D, H^2O). Cette conclusion est corroborée : 1° par la faible valeur des pertes au feu vers 250° [1]; 2° par ce fait que nos bauxites sont rouges, rouge brun, rouge violacé, et ne présentent pas de tons ocreux.

c. L'oxyde de titane, généralement en trop faible proportion pour qu'on puisse préjuger quantitativement de son état, existe probablement sous la forme d'acide métatitanique; en effet, insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré, il se dissout aisément dans l'acide sulfurique, et, d'autre part, la teneur en eau de l'acide métatitanique (18,4 pour 100) n'est pas incompatible avec celle de nos résidus d'attaque par HCl.

d. La silice, que seule l'attaque par l'acide sulfurique permet d'individualiser et qu'une ébullition prolongée de nos minerais avec une solution de Co^3Na^2 à 20 pour 100 ne dissout qu'en proportion insignifiante, entre sans doute dans une combinaison alumineuse hydratée, amorphe; dans une prochaine Communication, je montrerai que cette combinaison correspond assez souvent, avec quelque vraisemblance, à un silicate $Si^2O^9Al^2H^4$ (H^2O : 14 pour 100), et que sa présence en quantité importante dans les bauxites fait passer ces minerais aux roches argileuses proprement dites.

Il est curieux de constater que l'alumine des bauxites, bien qu'amorphe, présente la même composition définie que le *diaspore* et se trouve en association avec de l'oxyde de fer anhydre ou presque.

Les argiles intertropicales sont souvent riches en hydrate $Al^2O^3, 3H^2O$ dont se rapproche sans doute l'alumine de notre échantillon 15; souvent aussi, elles sont constituées en majeure partie de silicates hydratés, alumineux et alcalins, ainsi que je me propose de l'établir dans un travail ultérieur; toutefois je n'en connais pas dont la composition soit nettement assimilable à celle des bauxites faisant l'objet de cette Note.

---

[1] L'hydrate de fer précipité perd, en effet, environ 95 pour 100 de son eau d'hydratation par un séjour de quelques heures à cette même température.

BOTANIQUE. — *Sur quelques variations du* Monophyllæa Horsfieldii *R. Br.* Note de M. **Chifflot**, présentée par M. Guignard.

Depuis peu d'années, quelques rares jardins botaniques européens possèdent, dans leurs cultures, cette plante curieuse appartenant à la famille des Gesnéracées et à la tribu importante des Cyrtandrées. C'est d'ailleurs, à notre connaissance, la seule bien connue des six espèces qui constituent le genre *Monophyllæa*.

Décrite pour la première fois par R. Brown ([1]), puis par Clarke ([2]), Baillon ([3]), Karl Fritsch ([4]), cette plante, originaire de la presqu'île malaise, est cultivée en Europe, en serre chaude humide.

Le caractère principal de son appareil végétatif (lequel est d'ailleurs commun à plusieurs autres genres de la même tribu) consiste en *une* large feuille réfléchie et cordiforme de $0^m,35$ à $0^m,50$ de diamètre, sur une longueur presque semblable, un peu coriace, verte supérieurement et glabre, grisâtre et pubescente en dessous.

Cette feuille unique est portée par une tige d'environ $0^m,10$ de hauteur, de teinte légèrement cendrée. Les pédoncules des inflorescences qui naissent en touffe dense, à l'insertion de la feuille sur la tige, sont inégaux et ne dépassent pas $0^m,10$ de hauteur. Ils portent un grand nombre de fleurs petites, supportées par des pédicelles de 5^{mm} à 15^{mm}. Ces inflorescences sont disposées en cymes scorpioïdes.

Les pédoncules de l'inflorescence et les pédicelles floraux, simples ou géminés, possèdent à leurs aisselles des bractées ou des bractéoles linéaires, *le plus souvent* rapidement caduques.

L'unique feuille du *Monophyllæa Horsfieldii* R. Br. est, pour quelques rares botanistes, un cotylédon permanent; pour d'autres, comme Karl Fritsch (*loc. cit.*, p. 160), sa nature cotylédonaire paraît être douteuse. Il n'y a plus de doute chez certains *Streptocarpus* à feuille unique que Crooker ([5]), Hielscher ([6]) et, plus récemment, Fritsch ([7]) ont étudiés et qu'ils consi-

([1]) *Ann. des Sc. nat.*, 2e série, t. XIII, p. 168.

([2]) *Monographiæ Phanerogamarum*, t. VII : *Cyrtandreæ*, p. 182.

([3]) *Histoire des Plantes*, t. X, p. 103-104 et p. 183.

([4]) *Pflanzenfamilien*, Theil IV, Abth. 3, p. 160.

([5]) In *Journ. of Linn. Soc.*, t. V, p. 65.

([6]) In Cohn, *Beitr. zur Biol. d. Pflanz.*, t. III, p. 1-24; t. I-III.

([7]) *Ueber die Entwickelung der Gesneraceen* (*Ber. d. deut. Bot. Gesellsch.*, octobre 1894, p. 96-102).

dèrent avec raison comme un cotylédon permanent. Il ne semble pas que ces auteurs aient suivi la germination et le développement du *Monophyllœa Horsfieldii* R. Br. Résumons-la rapidement.

La germination des graines du *Monophyllœa Horsfieldii* R. Br. s'effectue au bout de 15 à 20 jours. La jeune plantule montre deux petits cotylédons d'abord *parfaitement égaux*, supportés par un *axe hypocotylé* de 1^{mm} à 2^{mm}. Mais, tandis que *l'un des deux* cotylédons reste stationnaire, mais aussi *permanent* que l'autre, ce dernier prend un accroissement rapide en même temps que l'axe hypocotylé s'allonge. Au bout de 1 mois, l'un des cotylédons déjà réfléchi, de près de 2^{cm} de longueur sur autant de largeur, est porté par l'axe hypocotylé de près de 3^{cm} de hauteur. L'accroissement de la plantule se continue avec ces caractères. Mais, quel que soit l'âge de la plante, le *petit cotylédon persiste sous forme d'une petite languette de* 2^{mm} *environ*.

Nous avons essayé de provoquer le développement de ce deuxième cotylédon, par ablation du plus grand, en partie ou en totalité. Il nous est arrivé, mais très rarement, de voir ce petit cotylédon se développer. Nous en examinerons la raison ultérieurement. A côté de cette particularité, le *Monophyllœa Horsfieldii* R. Br. a éprouvé, depuis que nous le cultivons dans les serres chaudes au Parc de la Tête-d'Or, quelques variations d'autant plus intéressantes qu'elles ont été continues.

Elles consistent surtout dans le *grand développement que prend le deuxième cotylédon* qui peut atteindre les dimensions du premier, c'est-à-dire, dans les exemplaires que nous avons observés, 40^{cm} de largeur sur 35^{cm} de longueur. Mais, dans la majorité des cas, les dimensions du deuxième cotylédon sont beaucoup plus faibles et ne dépassent pas 15^{cm} de long sur 6^{cm} de large.

Le développement de ce deuxième cotylédon est constant dans *une grande partie* des exemplaires que nous conservons dans nos collections.

La mutation de cette espèce est donc bien établie. De plus, dans quelques plantes, les bractées de quelques inflorescences prennent également un grand développement; de linéaires qu'elles sont, elles deviennent foliacées et dressées, au-dessus des deux feuilles cotylédonaires inégales.

Ainsi donc, nous nous rapprochons de l'appareil végétatif de certains *Streptocarpus* et en particulier de celui des *Streptocarpus polyanthus* Hook., *St. Rexii* Ldl.

La présence de ces variations constantes chez le *Monophyllœa Horsfieldii* R. Br. nous semble devoir faire rejeter ce nom de genre et il nous paraît préférable de le remplacer par celui de Horsfieldia, qui ne préjuge en rien de la présence d'une ou de deux feuilles cotylédonaires, et nous proposerons pour cette plante annuelle le nom de *Horsfieldia javanica* qui rappellera ses origines.

Il nous reste à étudier le développement anatomique complet de cette plante curieuse, ce que nous ferons prochainement.

En résumé : 1° Le *Monophyllœa Horsfieldii* R. Br. possède *une ou deux feuilles qui sont des feuilles cotylédonaires*.

2° La *tige* qui supporte cette ou ces deux feuilles est *un axe hypocotylé*.

3° La constance dans la présence de ces feuilles cotylédonaires montre *que cette plante est en voie de mutation*, laquelle *s'est opérée sans traumatisme violent ni parasitaire*. Cette mutation provient vraisemblablement de la *culture intensive à laquelle ces plantes sont soumises, en serre chaude humide*.

4° Il nous paraît *nécessaire* de créer, pour ce *genre et cette espèce*, les noms de *Horsfieldia javanica* (nov. gen.) qui ne présument en rien de la présence d'une ou de deux feuilles cotylédonaires pour le genre et qui, pour le nom d'espèce, indiquera nettement son origine.

BOTANIQUE. — *Sur la reproduction sexuelle de l'*Endomyces Magnusii *Ludwig*. Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. G. Bonnier.

L'*Endomyces Magnusii*, qui a été découvert en 1889 par Ludwig végétant sur la sécrétion d'un hêtre, présente un peu l'aspect de l'*E. decipiens* et donne de nombreuses oïdies par désarticulation des rameaux du mycélium; mais il offre surtout un grand intérêt, parce que ses asques paraissent résulter d'un phénomène sexuel. Les asques, en effet, communiquent souvent, au moyen d'une anastomose, avec un article voisin, et Ludwig pense qu'ils subissent une fécondation. Brefeld, qui a repris plus tard l'étude de l'*E. Magnusii*, a confirmé l'existence de ces anastomoses, mais refuse d'y voir un processus sexuel. Récemment Dangeard a observé ce champignon au point de vue cytologique; il y a montré que les articles du mycélium sont généralement plurinucléés; toutefois les articles des extrémités des rameaux, plus minces que les troncs principaux, offrent parfois une structure uninucléée. Malgré tous ses efforts, Dangeard n'a pu réussir à obtenir des asques dans ses cultures.

Il serait très important de connaître le mode cytologique de formation des asques et de savoir si l'anastomose observée a vraiment une signification sexuelle. Malheureusement, il est extrêmement difficile d'obtenir des asques. Nous avons eu cependant la chance de rencontrer d'abondantes productions d'asques dans des cultures sur tranches de carotte, ce qui nous a permis d'entreprendre cette étude.

Ensemencé sur carotte dans un tube Roux, l'*E. Magnusii* se développe rapidement

et envahit en peu de temps tout le substratum. Le mycélium forme une grande quantités d'oïdies : au bout d'une quinzaine de jours, il est à peu près complètement désarticulé, et l'on n'observe plus dans la culture que des lambeaux de filaments et un nombre considérable d'oïdiés dont la plupart se transforment en kystes. D'ordinaire, on remarque au niveau de l'étranglement du tube Roux, une sorte de bourrelet formé d'un mycélium très dense. C'est dans cette région que nous avons observé une active production d'asques, mais seulement dans environ 3 pour 100 de nos cultures. Lorsque le mycélium se prépare à former des asques, il offre des caractères très particuliers; il est formé d'hyphes allongés, très minces, à articles courts, pourvus toujours d'un petit nombre de noyaux, un à trois, généralement un seul. Les rameaux partant des troncs principaux se terminent soit par une cellule à contenu très dense, aux dépens de laquelle se constituera un oogone, soit par un article très mince, très contourné, à contenu hyalin, qui fournira une anthéridie.

La cellule mère de l'oogone apparaît assez allongée, renflée dans son tiers supérieur et remplie d'un cytoplasme très dense, avec deux ou trois noyaux. Au moment où va se produire la conjugaison, la partie renflée de cette cellule se recourbe en crosse, comme pour essayer de rejoindre un filament anthéridial voisin.

A ce stade, la partie recourbée ne renferme qu'un seul noyau, situé à la pointe de la cellule; le reste de celle-ci est occupé par de grosses vacuoles limitées par quelques brides cytoplasmiques et renferme un ou deux noyaux logés dans le tiers inférieur.

La branche anthéridiale est surmontée d'une cellule ordinairement très allongée, un peu enroulée en hélice et formée d'un cytoplasme très pauvre et très vacuolisé avec deux ou trois noyaux régulièrement espacés : c'est la cellule mère de l'anthéridie.

Dans un assez grand nombre de cas, l'oogone se transforme directement en asque, sans le concours d'aucune conjugaison; en ce cas, la cellule mère de l'oogone se divise simplement par une cloison transversale qui sépare du reste la portion très riche en cytoplasme de l'extrémité supérieure. Il se forme de la sorte deux cellules : l'oogone, qui ne renferme qu'un seul noyau, et le pédicelle, constitué par la partie inférieure de la cellule mère de l'oogone et contenant un ou deux noyaux. L'oogone une fois délimitée grossit et se transforme en asque.

Mais, le plus souvent, la cellule mère de l'oogone rencontre une branche anthéridiale avec laquelle elle entre en communication. La fusion s'effectue toujours de très bonne heure et généralement avant la différenciation de l'oogone et de l'anthéridie. La pointe de la cellule mère de l'anthéridie s'applique contre l'extrémité de la cellule mère de l'oogone; elle forme autour de cette dernière une sorte de renflement en ventouse dans lequel se concentre le cytoplasme et pénètre l'un des noyaux; puis le renflement se sépare du reste de la branche anthéridiale par une cloison transversale, délimitant ainsi une cellule très courte à cytoplasme dense et à un seul noyau, qui représente l'anthéridie. Dans la suite, la cloison qui sépare l'anthéridie de l'oogone ne tarde pas à se résorber, les deux masses protoplasmiques n'en font plus qu'une, et les deux noyaux, le noyau mâle et le noyau femelle, se rapprochent l'un de l'autre. La partie occupée par la cloison qui séparait les deux gamètes reste parfois visible pendant quelque temps grâce à un léger étranglement médian qui ne tarde pas à disparaître. Ce n'est généralement que lorsque l'anthéridie et la cellule mère de l'oogone ont accompli leur anastomose que l'oogone se sépare du pédicelle par une cloison trans-

versale. L'œuf ainsi formé et délimité contient deux noyaux, le noyau mâle et le noyau femelle, qui bientôt se confondent en un seul.

La fusion nucléaire opérée, l'œuf subit une augmentation de volume considérable; son noyau émigre au milieu de la cellule, dans une sorte de pont cytoplasmique très dense, destiné à la formation des spores, tandis que les deux pôles se creusent de vacuoles qui sécrètent des corpuscules métachromatiques. A ce moment, le noyau est très gros et montre nettement sa structure (nucléoplasme incolore limité par une membrane colorée, gros nucléole et quelques brides chromatiques). A un stade plus avancé, il subit ses deux divisions successives.

Le processus de ces divisions est difficile à suivre; cependant certaines figures semblent indiquer qu'il se rattache à la caryokinèse. Les deux divisions étant terminées, le cytoplasme se concentre autour de chacun des noyaux-fils et constitue bientôt quatre spores; celles-ci se revêtent d'une membrane cellulosique et sont entourées de fins corpuscules métachromatiques et de gros globules de graisse qui servent à leur nutrition. La spore adulte offre une forme un peu rectangulaire; elle renferme un unique noyau placé au milieu dans un cytoplasme très dense; les deux pôles sont occupés chacun par une grosse vacuole pourvue de quelques fins corpuscules métachromatiques. La membrane de ces spores est très épaisse. A sa maturité, l'asque finit par se déchirer à son extrémité supérieure, et les spores sont expulsées à l'extérieur.

Il résulte donc de mes observations que l'*Endomyces Magnusii* offre, avant la formation des asques, une véritable conjugaison hétérogamique : les deux gamètes sont de forme et de taille très différentes et jouent un rôle différent dans la fécondation.

PHYSIOLOGIE. — *Le dosage précis, par gazométrie, de l'urée et de l'ammoniaque urinaires*. Note de M. FLORENCE, présentée par M. Bouchard.

On divise, à l'heure actuelle, les méthodes de dosage de l'urée en deux catégories : d'une part, les méthodes gazométriques de technique facile et rapide, donnant malheureusement de médiocres résultats; d'autre part, les procédés précis nécessitant des manipulations longues, délicates, et uniquement applicables, par suite, aux seules recherches scientifiques. La pratique journalière qui pourrait retirer de la connaissance de l'urée urinaire, de précieux renseignements, en est réduite à se contenter des procédés gazométriques à l'hypobromite de soude.

Le besoin se faisait donc sentir d'un procédé de dosage pratique autant que précis. Aussi me suis-je préoccupé, depuis quelque temps déjà, de combiner les deux méthodes, en empruntant à chacune d'elles ce qu'elle a de précieux; en éliminant surtout les nombreuses causes d'erreur inhérentes au dosage par l'hypobromite de soude, tel qu'on le pratique le plus couramment à l'aide de l'uréomètre d'Esbach.

On sait en effet que ce réactif, s'il ne dégage pas tout l'azote de l'urée, dégage, par contre, tout ou partie de l'azote de la plupart des corps azotés urinaires : sels ammoniacaux, acide urique, créatinine.

La première des causes d'erreurs peut être, à mon avis, facilement corrigée.

Hüfner avait déjà indiqué que l'hypobromite de soude ne décomposait que 92 pour 100 de l'urée mise en réaction. En effectuant de mon côté (à l'aide de l'uréomètre Moreigne, et du réactif de cet auteur) un grand nombre de recherches, j'ai pu me rendre compte que la quantité d'urée détruite est, en réalité, un peu plus considérable. Les chiffres suivants, fournis par des échantillons d'urée de provenances diverses, permettent de le constater :

	Azote dégagé par 1g d'urée		Pour 100 d'urée décomposée rapporté	
Échantillons.	après traitement suivant procédé Kjeldahl.	par traitement direct.	à la teneur réelle en Az.	à la teneur théorique en Az.
N° 1. Urée P.........	0,450 (Az th. 0,466)	0,430	4,5	8
N° 2. Barbamid I (K).	0,448	0,429	4,5	8
N° 3. Urée B.........	0,394	0,375	4,5	»

Ces chiffres indiquent : 1° que lorsqu'on a soin de doser au préalable l'azote des échantillons sur lesquels on opère (en transformant par la méthode de Kjeldahl l'urée en sulfate d'ammoniaque), la proportion d'urée décomposée rapportée à cet azote est de 4,5 pour 100; 2° que cette proportion est de 8 pour 100 (chiffre d'Hüfner) si l'on considère la teneur théorique en azote, les échantillons étant supposés purs. C'est ce chiffre que m'ont fourni les deux premiers échantillons relativement purs.

J'ai donc retenu le rapport de 4,5 pour 100 et il m'a suffi de majorer de ce chiffre les résultats fournis par l'uréomètre pour avoir la quantité réelle d'azote contenue dans la prise d'essai.

Restent les causes d'erreur dues aux autres corps azotés urinaires. Ici, il faut distinguer : 1° les corps n'abandonnant pas tout leur azote en présence de l'hypobromite de soude (acide urique, créatinine); 2° les corps totalement décomposés (sels ammoniacaux).

On se débarrasse des premiers en déféquant les urines. M. Ronchèse a attiré l'attention, à ce point de vue, sur la valeur du sous-acétate de plomb. Je me suis depuis longtemps rendu compte, pour ma part, que ce sel, en solution officinale et en quantité convenable, précipite la presque totalité de l'acide urique et de la créatinine.

La défécation fournit donc l'azote de l'urée et l'azote des sels ammoniacaux : on a proposé de doser ceux-ci à part et de retrancher le résultat obtenu de celui que donne la même urine simplement traitée par le sous-acétate de plomb.

C'est, il faut bien le reconnaître, un moyen extrême, car il revient à soustraire un volume liquide mesuré par titrimétrie d'un volume gazeux obtenu par gazométrie. En outre, ces manipulations exigent un temps assez long et nécessitent des solutions titrées facilement altérables.

Il fallait donc trouver le moyen d'éliminer les sels ammoniacaux par un procédé plus simple et surtout plus rapide. J'ai pu y parvenir très exactement, et c'est ce qui constitue la partie vraiment originale de mon travail.

J'ai constaté en effet que le sous-acétate de plomb en excès, provenant de la défécation des urines, déplace en totalité les sels ammoniacaux au bain-marie bouillant et au bout de 70 minutes. Fait extrêmement important : ce déplacement ne s'accompagne pas, pendant ce laps de temps (comme cela se produit régulièrement avec les bases alcalines et alcalino-terreuses) de destruction d'urée. Pour plus d'exactitude, je dois ajouter que le déplacement des sels ammonicaux est complet dès la soixantième minute, et que la décomposition de l'urée ne commence guère que vers la quatre-vingtième minute.

La technique, très simple, est la suivante : 10^{cm^3} d'urine sont additionnés de 5^{cm^3} de Pb liquide officinal. On laisse reposer 20 à 30 minutes, on filtre et on lave soigneusement le filtre. Filtrat et eaux de lavage, aussi limpides que possible, sont portés dans une capsule de porcelaine au bain-marie bouillant, pendant 70 minutes environ.

Au bout de ce temps, on laisse refroidir et, dans une fiole jaugée, on complète le volume à 100^{cm^3}. On introduit 19^{cm^3} de ce mélange dans l'uréomètre, on ajoute 10^{cm^3} à 12^{cm^3} de réactif hypobromique formule Moreigne et l'on agite énergiquement l'appareil, jusqu'à ce que le volume gazeux dégagé reste invariable. Le nombre de centimètres cubes de gaz lu sur l'échelle gazométrique, multiplié (toutes corrections, une fois faites, de température et de pression) par le poids de 1^{cm^3} d'azote, donnera la quantité d'azote uréique dégagée par 1^{cm^3} d'urine. En ajoutant à ce chiffre la correction du 4,5 pour 100, on aura la quantité réelle d'azote coutenue dans la prise d'essai.

Quelques chiffres, pris au hasard, parmi les nombreux dosages que j'ai effectués permettront d'apprécier la valeur de ce procédé, comparé aux techniques les plus précises.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Procédé gazométrique modifié (litre d'urée)	Az = 3^g,472	3^g,416	6^g,439	7^g,318	5^g,96
Procédé Mœrner	3,309	3,153	6,395	6,954	»
Procédé Mœrner-Joquist modifié par Braunstein	»	»	»	»	5,96

On le voit, les chiffres fournis par mon procédé, tout en s'écartant fort peu de ceux qu'on obtient avec les procédés de précision, donnent toujours, comparés à ces derniers, des résultats un peu forts. Ceci ne saurait étonner : qu'il me suffise de rappeler en effet que M. Sallerin, s'appuyant sur de longues et minutieuses recherches, a démontré que les méthodes reposant sur le déplacement des sels ammoniacaux par la magnésie (Mœrner et Mœrner-Braunstein) donnent des chiffres trop faibles, par suite de la décomposition, pendant cette opération, d'une partie de l'urée : cette décomposition peut aller jusqu'à 36^{cm^3} par litre d'urine. En reprenant les expériences de M. Sallerin, j'ai pu me convaincre que ce chiffre n'était qu'un minimum très fréquemment dépassé pour peu que se prolongeât le contact de la magnésie.

J'ai donc complété mes recherches en utilisant des solutions titrées d'urée introduites dans des urines à teneur en urée préformée déjà connue par un dosage préalable effectué selon ma technique.

Voici les résultats :

		I.	II.
Premier dosage : urée de l'urine.	Az =	7,60 g	4,22 g
Deuxième dosage : solution d'urée correspondant à 3g,20 d'Az....		3,17 (sol = 3,20)	3,18
Troisième dosage : opéré sur les deux solutions ci-dessus réunies et devant donner Az = 10g,80..		10,85	7,46 au lieu de 7,42

Le procédé gazométrique, modifié comme je viens de l'indiquer, est, on le voit, d'une technique facile et d'une précision indiscutable : il n'exige à la rigueur d'autre instrument qu'un tube de verre gradué remplaçant les divers uréomètres, et 2 heures au plus suffisent pour effectuer les diverses manipulations.

J'ai à peine besoin d'ajouter qu'un dosage gazométrique effectué sur un échantillon d'urine simplement déféqué donnera par différence avec le chiffre d'urée trouvé la teneur en ammoniaque dudit échantillon.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles analogies entre les oxydases naturelles et artificielles.* Note de M. **J. Wolff**, présentée par M. L. Maquenne.

L'étude que j'ai publiée antérieurement sur les conditions d'oxydation de diverses matières colorantes par la macération de Russule m'a montré que ce phénomène se rapproche singulièrement des oxydations provoquées par

le ferrocyanure de fer colloïdal ([1]). Dans les deux cas, l'oxydation exige la présence des mêmes sels facilement hydrolysables, ayant un caractère faiblement alcalin et déjà capables d'oxyder par eux-mêmes, d'une manière plus ou moins active.

Les plus remarquables parmi ces sels sont les biphosphates alcalins, les citrates tribasiques alcalins et l'acétate manganeux, avec lesquels il est facile de démontrer que leur action n'est pas seulement de maintenir une certaine alcalinité dans le milieu actif, mais qu'ils jouent en même temps le rôle de véritables co-enzymes, en activant l'oxydase naturelle ou artificielle.

Les expériences suivantes ont été faites dans des cloches à gaz de 100^{cm^3}, disposées horizontalement. Le volume total du liquide était de 20^{cm^3}; il tenait en dissolution 1^g d'hydroquinone pour la série A et autant de pyrocatéchine pour la série B. Les solutions salines ajoutées renfermaient des doses équimoléculaires des divers sels, correspondant à $2^g,8$ de phosphate disodique cristallisé pour 100 d'eau; enfin, des cloches témoins permettaient de faire les corrections nécessaires. Le Tableau suivant donne le volume d'oxygène absorbé après 20 heures de contact.

Le fer a toujours été employé à l'état de ferrocyanure.

Série A.

	cm³		cm³		cm³
$0^{mg},02$ Fe......	0	$0^{mg},02$ Fe........	0	$0^{mg},02$ Fe..........	0
1^{cm^3} PO^4Na^2H..	3	1^{cm^3} $C^6H^5O^7Na^3$...	3	1^{cm^3} $Mn(C^2H^3O^2)^2$...	3,5
Fe + PO^4Na^2H.	5	Fe + $C^6H^5O^7Na^3$..	5,75	Fe + $Mn(C^2H^3O^2)^2$.	6
$0^{mg},02$ Fe......	0	$0^{mg},02$ Fe........	0	$0^{mg},02$ Fe..........	0
2^{cm^3} PO^4Na^2H..	4	2^{cm^3} $C^6H^5O^7Na^3$...	4	$Mn(C^2H^3O^2)^2$......	5,5
Fe + PO^4Na^2H.	6	Fe + $C^6H^5O^7Na^3$..	7	Fe + $Mn(C^2H^3O^2)^2$.	8

Série B.

$0^{mg},05$ Fe......	0,25	$0^{mg},05$ Fe........	0,25	$0^{mg},02$ Fe..........	0,25
4^{cm^3} PO^4Na^2H..	5	4^{cm^3} $C^6H^5O^7Na^3$...	4	$Mn(C^2H^3O^2)^2$......	4
Fe + PO^4Na^2H.	8	Fe + $C^6H^5O^7Na^3$..	7,5	Fe + $Mn(C^2H^3O^2)^2$.	7,5

On voit qu'une quantité de fer mille fois moindre que le poids du sel employé double presque l'absorption d'oxygène et que même le manganèse est capable d'activer le ferrocyanure de fer. Ce colloïde peut donc jouer le

([1]) J. WOLFF, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 500. Il est nécessaire de signaler ici l'erreur commise par quelques auteurs, tendant à assimiler aux oxydases les composés communs du fer, oxyde, chlorures, sulfates ou acétates. La coloration qu'on observe alors avec le gaïac ne signifie rien, ainsi que je m'en suis assuré, au point de vue du mécanisme de la fixation de l'oxygène atmosphérique.

même rôle que la laccase extraite de la luzerne par M. Gabriel Bertrand ([1]). J'ajouterai que le phosphate disodique seul ne donne pas de cristaux de quinhydrone, tandis que, en présence de fer, le même sel en produit abondamment, au moins à la température ordinaire, car au-dessus de 30° il ne se dépose plus rien.

On se rendra mieux compte encore des analogies signalées plus haut si l'on rapproche des expériences précédentes une autre série d'essais dans lesquels j'ai choisi l'orcine comme matière oxydable, à cause de sa sensibilité particulière à l'influence activante du milieu alcalin.

Le volume total du liquide, renfermant 1^{cm^3} de macération de champignons pour $0^g,7$ d'orcine, était ici de 25^{cm^3}; les absorptions d'oxygène indiquées dans le Tableau suivant ont été mesurées comme ci-dessus après 20 heures :

Macération normale	$6,2^{cm^3}$	(col. orangée)
» neutralisée à l'hélianthine ([2]) par SO^4H^2	3,2	(incolore)
» neutralisée à la phtaléine par NaOH	8,5	(orangé foncé)
» additionnée de 1^{cm^3} $C^6H^5O^7Na^3$	9,1	(col. intense)
» » de 1^{cm^3} PO^4Na^2H	11,1	»

Des témoins sans macération n'ont pas montré d'absorption sensible d'oxygène.

Enfin j'ai examiné d'une façon spéciale le mécanisme de l'activation par les phosphates de l'oxydation laccasique de la cochenille, du sulfoconjugué de l'alizarine et de l'orcine : dans les deux premiers cas la décoloration des liqueurs permet de suivre très facilement les différentes phases du phénomène. Ces essais nous conduisent aux conclusions suivantes :

1° Des traces de phosphates bibasiques activent considérablement l'oxydation, alors que de faibles doses d'alcalis la retardent.

2° Les phosphates acides sont indifférents et ne gênent en rien l'action activante des phosphates bibasiques, ceux-ci agissant en présence des premiers comme s'ils étaient seuls.

3° La transformation des sels neutres contenus dans le mélange en sels acides (neutres à l'hélianthine) paralyse l'oxydation, sauf pourtant dans le cas du gaïacol, qui est insensible à cette influence.

4° Le mélange modifié comme ci-dessus reprend son activité première si

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XVII, p. 623.

(2) Cette réaction correspond à celle des acides indifférents vis-à-vis de la laccase (Bertrand, *Comptes rendus*, t. CXLV, p. 340) et aussi à celle des phosphates acides, également indifférents d'après mes propres observations.

on lui restitue une quantité de phosphate bibasique équivalente à celle qu'il était présumé contenir au début, en se fondant sur son alcalinité initiale à l'hélianthine.

5° Pour une quantité déterminée d'enzyme il existe une dose optima de phosphate, au-dessus de laquelle toute nouvelle addition reste sans effet, si la réaction du milieu ne change pas.

6° Dans le cas du sulfoconjugué d'alizarine l'acidité du milieu, croissant à mesure que l'oxydation progresse, arrête celle-ci peu après son début; mais la réaction reprend avec force dès qu'on ajoute un phosphate bibasique. L'addition d'un sel de manganèse peut ici rester sans effet.

7° Les sels organiques de la macération se comportent dans leurs propriétés essentielles comme un mélange de phosphates acides et de phosphates neutres où ces derniers domineraient. L'ébullition fait disparaître ces caractères et le dosage de l'acide phosphorique montre que ces sels activants ne sont pas des phosphates minéraux.

8° Les citrates tribasiques se comportent sensiblement comme les phosphates métalliques, mais les citrates acides exercent sur la réaction une action paralysante, ce qui les distingue des phosphates monobasiques indifférents.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Invertines et lactases animales. Leur spécificité.* Note de M. H. Bierry, présentée par M. Dastre.

Les diastases qui hydrolysent les hydrates de carbone constituent le groupe le mieux connu de ferments solubles. La question de leur individualité a été souvent posée ; il semble que c'est toujours dans le sens de cette individualité qu'elle ait été résolue. Comme nous ne savons ni séparer les uns des autres, ni isoler à l'état de pureté les divers ferments solubles, ce problème de la spécificité ne peut être abordé qu'indirectement. Prenons l'invertine comme exemple. L'invertine est caractérisée par la propriété de dédoubler le saccharose en une molécule de glucose et une molécule de lévulose : pour qu'on puisse dire que son action est spécifique, il faut et il suffit qu'on puisse trouver un ou plusieurs mélanges diastasiques (naturellement après avoir fait varier les conditions du milieu), capables d'hydrolyser le saccharose, et contenant par conséquent de l'invertine, et incapables d'agir sur aucun des autres sucres : lactose, maltose, etc., ou leurs dérivés. Cette définition de la spécificité, admise au début, a fourni la classification des diastases actuelles ; il est donc logique de la conserver et de la

pousser jusqu'au bout en l'appliquant aux diverses diastases animales : invertines et lactases entre autres.

Invertines animales. — J'ai fait avec M. Giaja ([1]) et M. G. Barthet ([2]) l'étude comparée de l'action d'invertines animales, provenant de deux sources très différentes (invertine extraite de l'intestin grêle du chien, invertine obtenue avec le suc gastro-intestinal d'*Helix pomatia*), sur le saccharose, le raffinose, le gentianose ([3]) et le stachyose ([4]), ces deux derniers obtenus cristallisés par les procédés de G. et C. Tanret. L'action ménagée d'un acide ou d'un premier ferment a ceci de commun pour ces sucres, qu'elle se traduit dans tous les cas par la séparation d'une molécule de lévulose.

Les macérations d'intestin grêle de chien dédoublent le saccharose seulement ; le suc gastro-intestinal d'*Helix* hydrolyse au contraire avec la plus grande facilité, non seulement le saccharose, mais encore le raffinose, le gentianose et le stachyose (mannéotétrose), et l'action est déjà manifeste au bout de 3 heures.

Il résulte de ces observations que le ferment soluble qui agit sur le sucre de canne, dans l'intestin du chien, diffère de l'invertine des Mollusques, ou que les Mollusques sécrètent un ferment particulier du raffinose, du gentianose et du stachyose. Il semble que cette dernière hypothèse soit la bonne, car le suc digestif d'autres Invertébrés : Aplysie (*Aplysia punctata,* Mollusques) et Homard (*Homarus vulgaris,* Crustacés), tout en hydrolysant le saccharose, reste sans action sur le raffinose et le stachyose.

Le raffinose, le gentianose et le stachyose peuvent être considérés respectivement comme des fructosides de mélibiose, de gentiobiose, de manninotriose; ils ont tous un pouvoir rotatoire droit et donnent tous du *d*-fructose au premier stade d'hydrolyse; je propose de donner au ferment qui effectue dans ces polyoses la séparation du lévulose, le nom de *lévulo-polyase.*

Ainsi l'invertine des animaux supérieurs fait une distinction entre la structure chimique de ces polyoses et la structure du saccharose qui peut cependant, lui aussi, être considéré comme un dérivé du *d*-fructose. On voit une fois de plus qu'on peut demander aux ferments solubles, en tant que réactifs spécifiques de groupements d'atomes, des indications que ne pourraient fournir les méthodes chimiques actuelles.

Lactases animales. — L'étude comparée des lactases animales a été faite sur les dérivés d'un même corps, le lactose.

Avec M. Giaja ([5]) j'ai montré que le suc gastro-intestinal d'*Helix* dédouble le lactose, l'acide lactobionique et la lactosazone. Dans tous les cas il y a production de galactose libre. En ce qui concerne l'acide lactobionique et la lactosazone, c'est la première fois qu'on les hydrolyse par un ferment. Em. Fischer, qui a montré que l'acide lacto-

---

([1]) *Comptes rendus Soc. Biologie,* 24 novembre 1906.

([2]) *Comptes rendus Soc. Biologie,* 11 avril 1908 et décembre 1908.

([3]) G. Tanret, *Contribution à l'étude de la gentiane* (*Thèse de Médecine,* Paris, 1905). — Je remercie M. le Dr Tanret d'avoir obligeamment mis à ma disposition du gentianose et du stachyose pour amorcer mes cristallisations.

([4]) C. Tanret, *Bulletin de la Société chimique,* 1903.

([5]) *Comptes rendus,* 27 juillet 1908.

bionique, produit d'oxydation du lactose par l'eau bromée, se dédouble par les acides étendus et chauds en galactose et acide gluconique, a essayé également d'hydrolyser par les acides dilués cette lactosazone (HCl fumant transforme la lactosazone en lactosone, aldocétose que les acides scindent en glucosone et galactose *d*) dans l'espoir d'obtenir soit de la glucozasone, soit de la galoctosazone, et d'en tirer une conclusion sur la façon dont le galactose et le glucose sont unis dans le lactose. Il n'a pas réussi : la lactosazone, chauffée avec SO^4H^2 très étendu, se transforme en anhydride; chauffée avec l'acide plus concentré, elle se détruit et la phénylhydrazine est mise en liberté. Le dédoublement en galactose et glucosazone de la lactosazone par le suc d'*Helix* vient tout à fait à l'appui de la manière de voir du chimiste allemand, qui considère le lactose comme un galactoside de glucose. Je propose de donner à la diastase qui effectue l'hydrolyse de l'acide lactobionique le nom de *lactobionase,* en faisant remarquer que son action s'étend aussi à la lactosazone.

La lactase animale, extraite de l'intestin grêle du fœtus de vache et débarrassée d'albuminoïdes et d'électrolytes par filtrations successives et dialyse (¹) contre l'eau distillée, sur sac de collodion, active sur le lactose, n'attaque pour ainsi dire pas l'acide lactobionique ou sa lactone, et reste sans action sur la lactosazone. Em. Fischer avait déjà vu que la lactase retirée des amandes, qui hydrolyse le lactose, ne touche pas à l'acide lactobionique ou à son sel de calcium.

Avec M. Ranc (²) j'ai étudié l'action des deux lactases sur le lactose-urée. Schorl (³) a montré que tout sucre possédant un groupement aldéhydique libre pouvait se combiner avec l'urée, sous l'influence catalytique des acides étendus. D'un côté l'aldose est actif par un de ses groupements $C = O$; de l'autre, l'urée par un de ses groupements NH^2, de sorte que la constitution de l'uréide devient

$$\begin{array}{l} H \\ | \\ C = N - CO - NH^2, \\ | \\ R \end{array}$$

ce qui la rapproche des oximes et des hydrazones.

L'action de l'une ou l'autre lactase a pour effet de dédoubler le lactose-urée, avec production de galactose libre, tandis que les acides étendus à chaud effectuent seulement la séparation de l'urée d'avec le lactose.

Em. Fischer et F. Armstrong (⁴), qui ont obtenu par synthèse le galactosidoglucose, le glucosidogalactose, le galactosidogalactose, l'isolactose, ont constaté que les trois premiers étaient hydrolysés par la lactase retirée des amandes et n'étaient pas touchés par la lactase du kéfir, et que le contraire avait lieu pour l'isolactose.

Les deux lactases retirées des amandes ou du kéfir produisent cependant le dédou-

---

(¹) Bierry et G. Schœffer, *Comptes rendus Soc. Biologie,* 27 avril 1907.

(²) *Comptes rendus Soc. Biologie,* mars 1909.

(³) *Recueil de travaux chimiques des Pays-Bas,* 1903.

(⁴) *B. d. d. chem. Gesell.,* t. XXXV, 1902, p. 3144.

blement du lactose en glucose et galactose. Les deux lactases retirées des amandes ou du kéfir produisent cependant le dédoublement du lactose en glucose et galactose; il s'agit bien d'espèces d'un même genre *lactase*, car tout ferment, quelle qu'en soit la source, qui attaque tel ou tel dérivé complexe de la série du lactose, hydrolyse toujours le lactose premier terme de cette série.

La notion de pluralité d'espèces dans un genre *diastase* n'a rien qui doive nous surprendre, étant données nos connaissances actuelles sur la variété du nombre des diastases qu'une cellule peut produire. Elle permet de comprendre pourquoi des substances isomères sont ou ne sont pas utilisées par la cellule, et elle rend compte des distinctions si délicates que cette même cellule vivante peut établir entre des corps excessivement voisins qui peuvent cependant présenter des cas d'isomérie secondaire d'ordre non stéréochimique.

PATHOLOGIE. — *Piroplasmose bovine des environs d'Alger.* Note de MM. **H. Soulié** et **G. Roig**, présentée par M. Laveran.

Pour nous rendre compte de la fréquence de la piroplasmose bovine dans la plaine de la Mitidja [1], nous avons fait des prélèvements de sang de tous les animaux d'un certain nombre de fermes, des malades comme aussi de ceux qui avaient toutes les apparences de la santé. Nos examens ont duré 5 mois, de juin à octobre.

Nous avons ainsi examiné le sang de 525 bovins, presque tous de race indigène, répartis dans une trentaine d'exploitations agricoles. Nous avons constaté la présence de piroplasmes dans le sang de 390 sujets, soit dans 74 pour 100 des cas examinés. La richesse en parasites a été très inégale; nous avons groupé, sous ce rapport, les animaux en trois catégories : parasites rares lorsqu'on trouve un parasite tous les cinq-six champs en moyenne, fréquents lorsqu'on en observe tous les un-deux champs, très fréquents lorsqu'on en rencontre plusieurs par champ. La répartition a été la suivante : animaux à parasites rares, 309; fréquents, 34; très fréquents, 47. Presque tous ces derniers étaient cliniquement malades et ont succombé pour la plupart; les animaux à parasites fréquents étaient également malades et quelques-uns ont fini par mourir; quelques rares bovins à parasites rares sont également morts, soit de cachexie, soit d'une maladie intercurrente. Au total, la mortalité s'est élevée à 51. Le pourcentage de nos examinés est le suivant : indemnes, 26 pour 100; parasites rares, 59 pour 100; parasites fréquents, 6 pour 100; parasites très fréquents, 9 pour 100.

Les piroplasmes bacilliformes, en virgule, en épingle, existent surtout parmi les

(1) H. Soulié et G. Roig, *Comptes rendus*, 20 et 27 janvier 1908.

animaux atteints de piroplasmose latente et paraissant en bonne santé. Les formes annulaires ou ovoïdes, toujours de petite taille, se trouvent dans les cas à parasites fréquents et très fréquents. Les bovins cliniquement malades, mais à parasites rares, ont montré des hématies déformées, à granulations basophiles, variables comme taille et comme nombre.

Avec le concours de MM. Claude et Serve, nous avons examiné le sang de 50 taurillons abattus à Alger et livrés à la consommation : 23 étaient parasités, 27 indemnes.

Nous avons inoculé le sang d'animaux atteints de piroplasmose à des bovins indigènes et à une vache de race française.

Les premiers ont été gracieusement mis à notre disposition par M. André Marès, propriétaire à Mahelma. Le sang inoculé était riche en parasites; il a été injecté dans la jugulaire de cinq bovins, le 13 novembre 1907, dans les conditions suivantes :

A. Taurassin indigène, 18 mois, reçoit 20^{cm^3} de sang.
B. Génisse indigène, 18 mois, reçoit 80^{cm^3} de sang.
C. Taurassin indigène, 18 mois, reçoit 100^{cm^3} de sang.
D. Vache Guelma, 12 ans, reçoit 100^{cm^3} de sang.
E. Vache croisée, 8 ans, reçoit 40^{cm^3} de sang.

Ces animaux étaient nés à la ferme ou s'y trouvaient depuis longtemps ; ils n'avaient pas de tiques, présentaient toutes les apparences de la santé et leur sang ne contenait pas de parasites. Les résultats ont été les suivants :

A. Le 20 novembre, fièvre, perte de l'appétit, décoloration des téguments ; parasites rares ; amélioration progressive ; trois mois après, guérison et disparition des piroplasmes.

B. C'est l'animal qui a le plus réagi. Le 20 novembre, fièvre, perte de l'appétit; quelques jours après, coloration jaune intense des muqueuses et de la face interne des oreilles, amaigrissement considérable. Les parasites ont apparu dans le sang circulant le sixième jour après l'inoculation et sont devenus très fréquents le dixième jour. Pendant 3 mois l'animal reste amaigri, les muqueuses jaunes, le sang riche en parasites. Peu à peu, l'état s'améliore, l'animal a repris les apparences extérieures de la santé, mais conserve encore de rares parasites dans le sang, 6 mois après l'inoculation.

C. Le 28 novembre, les muqueuses ont pris une coloration jaune safran; fièvre modérée ; parasites rares. Le 30 décembre, l'animal paraît guéri, quoiqu'il ait encore des parasites. Abattu pour la consommation.

D. Le 20 novembre, fièvre forte, coloration jaune des muqueuses et de la face interne des oreilles. Parasites rares. Disparition des symptômes cliniques, non des parasites, qui existent encore dans le sang 6 mois après.

E. Suites peu sensibles, consistant en fièvre modérée, coloration jaunâtre des muqueuses; parasites rares. Le 27 mars, les parasites ont disparu; la vache met bas un veau sain.

Nous avons inoculé également une vache laitière, race de Savoie, âgée de 8 ans, le

15 septembre 1908. Nous injectons dans la jugulaire 100^cm3 de sang riche en parasites. Pendant les trois premières semaines, l'animal conserve toutes les apparences de la santé. Le sang, fréquemment examiné, ne contient pas de piroplasmes. Le 5 octobre, l'appétit diminue et la fièvre apparaît, sans qu'il soit possible de constater dans le sang la présence de parasites. Le 8, l'état s'aggrave; le 9, les muqueuses prennent une teinte jaune safran; les urines sont très foncées, acajou. Le 10 et le 11, la fièvre disparaît, sans pour cela qu'aucun aliment puisse être ingéré. Examen du sang : pas de parasites, globules inégaux, déformés; métachromasie; granulations basophiles dans les hématies variables comme nombre et comme taille. L'animal meurt dans la nuit du 11 au 12. L'autopsie est pratiquée par MM. Claude et Fleury, qui constatent toutes les lésions de la piroplasmose. La rate pèse 1860^g, le foie 7335^g. Des frottis de sang, de foie, de rate, de rein, de cœur ne présentent pas de parasites. Les ensemencements faits avec le sang du cœur, du foie et de la rate sont stériles.

Malgré l'absence de parasites, nous croyons que l'animal a succombé à une piroplasmose à forme toxique, comme Lignières et d'autres auteurs en ont cité des exemples.

Par ses caractères morphologiques et par son inoculabilité, le piroplasme que nous avons étudié se rapproche du *Piroplasma mutans* décrit par Theiler au Transvaal et du *P. annulatum* décrit par Dschunkowsky et Luhs en Transcaucasie.

PATHOLOGIE. — *Calcification des lésions tuberculeuses chez les Bovidés; leur richesse en bacilles de Koch.* Note de M. **Piettre**, présentée par M. Roux.

On admet, d'une façon générale, que les lésions tuberculeuses calcifiées sont des lésions guéries; l'apparition de sels calcaires dans des foyers spécifiques signale donc la disparition de la virulence. Cette conception est une conséquence logique de ce qu'on sait des tuberculoses expérimentales chez des animaux peu sensibles. Chez la gerbille, en particulier, autour des bacilles de Koch se font très rapidement des dépôts concentriques de sels terreux; de même dans l'actinomycose ce procédé de minéralisation aboutit à la production de crosses. Il s'agit donc, dans ces deux exemples, d'une réaction défensive de l'organisme, puisque les bacilles ainsi englobés d'une enveloppe calcaire ont perdu leur vitalité et au moins leur virulence. Or, chez les Bovidés, la calcification des lésions tuberculeuses ne correspond pas à une disparition des bacilles ou à un affaiblissement de leur vitalité.

Au cours d'examen de centaines de lésions tuberculeuses, pratiquées dès 1902, au service sanitaire d'inspection des Halles centrales, sur des vis-

cères et des viandes de toute provenance, nous avons été frappés tout d'abord par les deux faits suivants : grande fréquence dans les lésions calcifiées, de bacilles tuberculeux parfois très nombreux, parfaitement colorables et virulents; et, par contre, rareté ou absence de bacilles dans les lésions purulentes.

Parmi les lésions calcifiées qui ont éveillé notre attention deux cas surtout nous ont paru typiques. Dans le premier il s'agissait d'une plaque fibro-calcaire située au niveau de l'articulation fémoro-tibio-rotulienne, sur la face externe de l'ovonévrose du grand adducteur de la cuisse. De couleur blanc nacré, à bords irréguliers, elle faisait une saillie de l'épaisseur et de la dimension d'une pièce de 5fr. Elle contenait dans sa substance un très grand nombre de bacilles tuberculeux.

Même richesse dans le deuxième échantillon de lésion calcifiée; c'était un ganglion du médiastin postérieur, extrêmement hypertrophié, pesant 334g. Les lésions purulentes non calcifiées sont assez rares, on les rencontre cependant dans le tissu pulmonaire des Bovidés adultes. La recherche très minutieuse des bacilles de Koch nous a donné le plus souvent des résultats négatifs; les parties centrales, complètement macérées, sont plus fréquemment stériles que les portions périphériques en contact avec les parois bourgeonnantes des abcès.

Nous avons en même temps réalisé une série d'inoculations au cobaye.

Grâce à cette méthode de recherche beaucoup plus rigoureuse, nous avons pu constater sans doute la présence de bacilles dans des foyers où l'examen par simple coloration était impuissant, mais aussi démontrer que les lésions calcifiées sont très fréquemment et très abondamment virulentes.

8 cobayes ont reçu sous la peau ou en péritoine des produits purulents : 6 ont été infectés.

12 cobayes ont été inoculés avec des lésions calcifiées, 8 ont pris la maladie qui chez 3 d'entre eux a affecté une marche rapide grave, donnant des lésions étendues de nécrose sur le foie et la rate.

Tout récemment nous avons repris ces observations, au Laboratoire des Halles, avec la collaboration de M. Langrand, et recherché systématiquement le bacille de Koch dans les différentes formes des lésions tuberculeuses qu'on rencontre en inspection des viandes.

Ces lésions se présentent sous les cinq aspects suivants :

1° Tubercules translucides (très rares);
2° Tubercules caséeux;
3° Abcès;
4° Infiltration;
5° Nodosités fibreuses (chez les jeunes sujets), foie, rate.

Sauf 1° et 5°, toutes ces formes peuvent être calcifiées.

Voici les résultats de 52 examens :

		Tubercules caséeux.	Abcès.	Infiltration.	Totaux.
Lésions calcifiées.....	Présence de bacilles.	18	2	2	22
	Absence	15	2	1	18
Lésions non calcifiées.	Présence de bacilles.	0	0	0	0
	Absence	5	5	2	12

On voit donc :

1° Que 76,92 pour 100 des lésions tuberculeuses sont calcifiées ;

2° Que 55 pour 100 des lésions tuberculeuses calcifiées contiennent des bacilles au seul examen bactériologique.

Sans nous arrêter dans cette Note sur la forme, la composition des dépôts calcaires, nous pouvons dire que, d'une façon générale, dans les lésions calcifiées riches en bacilles, les petites masses minérales isolables sont irrégulières, très dures, de coloration plutôt blanchâtre; qu'elles sont surtout granuleuses, muriformes, assez friables, jaunâtres dans les lésions peu virulentes ou stériles.

De ces recherches on peut tirer quelques conclusions importantes au point de vue hygiène et thérapeutique :

1° Chez les Bovidés la calcification des lésions tuberculeuses n'est pas un signe de guérison, elle n'est peut-être pas même un effort de défense; il n'y a aucune relation entre la virulence et le degré de calcification.

2° Au point de vue hygiène alimentaire, il est nécessaire de soumettre à un examen minutieux les diverses lésions de tuberculose pour juger de leur danger.

3° L'âge même très approximatif d'une lésion ne peut être basée sur la présence ou l'absence de calcaires.

4° Si la présence de sels minéraux n'est pas une réaction de défense organique, toute méthode thérapeutique basée sur l'introduction de sels calcaires dans l'économie devient illusoire et peut-être dangereuse.

ZOOLOGIE. — *Sur la cavité palléale et ses dépendances chez les Bulléens.* Note de MM. **Rémy Perrier** et **Henri Fischer**, présentée par M. Edmond Perrier.

On connaît depuis longtemps, chez les Actéons et les Scaphandres, l'existence d'un diverticule de la cavité palléale, formant un long tube terminé en cul-de-sac, qui s'enroule dans la coquille, parallèlement à la masse viscérale, mais sans se souder à celle-ci. Nous avons constaté que ce

cæcum palléal se retrouve chez tous les Bulléens, avec d'intéressantes variations morphologiques, mais conservant partout une même structure anatomique, que nous avons mise en évidence.

Le caractère le plus typique de ce cæcum est la présence, dans toute sa longueur, de deux bandes ciliées, l'une supérieure, l'autre inférieure, formées par un épithélium très régulier et portant de hauts et puissants cils vibratiles. Elles se continuent, en outre, jusqu'au bord du manteau, sur le plafond et le plancher de la région postérieure de la cavité palléale. Dans cette région, le plancher est d'ailleurs constitué par le lobe palléal inférieur, de sorte que les bandes ciliées appartiennent l'une et l'autre au manteau. Ces bandes ciliées courent généralement sur la crête de bourrelets plus ou moins saillants, que nous appellerons respectivement *raphé supérieur* et *raphé inférieur*. L'épaisseur des raphés est occupée par un tissu conjonctif extrêmement lacunaire; notamment, un vaste sinus s'étend au-dessous de la bande ciliée, dans toute la longueur de celle-ci, et persiste même dans les points où le raphé fait une saillie à peine sensible.

Le raphé supérieur est toujours un peu en avant du raphé inférieur, mais ils sont exactement parallèles l'un à l'autre. Le raphé inférieur est toujours plus développé que le raphé supérieur; tous les deux s'atténuent vers le fond du cæcum, mais les deux bandes ciliées se continuent jusqu'à l'extrémité de celui-ci.

Le cæcum palléal peut présenter trois types différents :

1° *Cæcum libre.* — Cette disposition a tout naturellement frappé les observateurs et c'est la seule forme qui ait été décrite. Chez l'Actéon, il se prolonge suivant plusieurs tours de spire. Le raphé inférieur est particulièrement développé, au moins dans sa partie palléale proprement dite : c'est un bourrelet volumineux, godronné sur son versant antérieur, et portant sur sa crête la bande ciliée, qui est ici très mince, et qui se prolonge jusqu'au bord palléal. On retrouve sur le lobe palléal supérieur une bande ciliée exactement semblable, mais elle marque seule la place du raphé, qui est à peine saillant. Au bord libre du manteau, elle détermine une petite dent, que suit une petite lamelle squamiforme qui prolonge le manteau et est comme cousue à son bord libre. Les deux raphés séparent incomplètement de la cavité palléale une sorte de couloir, à parois fortement glandulaires, qui se continue dans le cæcum par l'une des rampes qu'y déterminent les deux raphés, l'autre rampe allant à la cavité branchiale. Le revêtement glandulaire est fortement réduit dans le cæcum; on n'y trouve plus que quelques cellules mucipares banales; cet organe ne mérite donc pas les noms de *cæcum glandulaire* et de *glande spirale* que lui ont donnés les auteurs. Le revêtement glandulaire du couloir est une partie de la glande à mucus, dont une autre partie forme une bande semblablement différenciée en avant du raphé supérieur, et rejoint,

vers le bord du manteau, la glande semi-lunaire, à mailles réticulées, qui s'étend jusqu'à la commissure palléale antérieure, et se continue même dans la gouttière supra-céphalique.

Les *Aplustrum* ont un cæcum semblable. Bergh l'a décrit chez quelques espèces; nous l'avons retrouvé dans *A. thalassiarchi*, où il n'avait pu le mettre en évidence. Il a ici la forme d'un triangle à large ouverture et fort court; sa pointe supérieure est seule libre sur une très petite étendue; encore se soude-t-elle au bord postérieur du muscle columellaire; les raphés et les bandes ciliées sont semblables à ceux des Actéons avec lesquels ce genre présente, d'ailleurs, d'autres relations inattendues et ignorées jusqu'à présent. Même chose encore chez le Scaphandre, mais les deux raphés y sont beaucoup moins saillants, tandis que les bandes ciliées sont fort larges et, arrivées au voisinage du bord libre, se recourbent brusquement en arrière vers le siphon cloacal. La glande à mucus est uniquement formée de glandes de Blochmann.

2° *Cæcum adhérent*. — Dans le genre *Acera* existe un volumineux cæcum, mais celui-ci est soudé à la masse viscérale, en même temps que laquelle il s'enroule; aussi a-t-il passé inaperçu. Il est pourtant extrêmement développé et, chez *A. soluta*, s'étend même jusqu'à l'extrémité du tortillon; le rectum le suit sur une grande longueur. Le raphé inférieur, assez volumineux, est sur presque toute sa longueur soudé au rectum. La bande ciliée qui le recouvre est large et s'étale en forme de spatule en atteignant le bord palléal. La bande ciliée supérieure a la même forme, mais son raphé est peu indiqué. L'existence de ce cæcum montre que le flagellum palléal externe, caractéristique des Acères, que Bergh homologuait au cæcum des Scaphandres, n'a rien de commun avec lui. *Acera* est ainsi nettement rattaché aux Bulléens; par contre, l'existence d'une véritable glande de Bohadsch, que nous avons pu identifier avec celle des Aplysies, montre les étroits rapports de ces deux formes, que Mazzarelli a le premier mis en lumière.

Le même type de cæcum adhérent se retrouve dans *Philine* et *Doridium*; mais en raison du raccourcissement de la spire, ce cæcum est plus petit, plus fortement enroulé; en outre, le raphé inférieur, très saillant chez *Doridium*, se sépare du rectum par un très profond sillon et limite en arrière une volumineuse glande à mucus différenciée, dispositions qui conduisent au type suivant.

3° *Cæcum exogyre*. — Chez les Bulles, le cæcum présente une disposition toute particulière : il est très court et, au lieu de s'enrouler parallèlement à la masse viscérale, il est complètement dévié et forme une spirale plane, qui se dirige en arrière, vers la commissure cloacale, mais s'y termine en cul-de-sac. Le raphé inférieur, que porte le plancher du cæcum, se continue sur le plancher de la cavité palléale, décrit un cercle presque complet, pour revenir se terminer au bord libre du siphon cloacal. Ce raphé détermine un disque, qui fait fortement saillie à la partie postérieure du plancher de la cavité branchiale, et il est bordé en avant par une profonde rigole, où se loge la branchie. Le raphé supérieur a la même forme; tous deux portent une large bande ciliée. L'intérieur du disque ainsi limité, aussi bien à la face supérieure qu'à la face inférieure, est occupé par une glande à mucus très différenciée. Mais en dehors on

trouve de nombreuses glandes de Blochmann, surtout dans le voisinage du bord libre du manteau. La même disposition existe chez *Atys* et chez *Haminea*, mais dans cette dernière les glandes de Blochmann manquent, et la glande discoïde est la seule glande à mucus.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Bryozoaires fossiles du Miocène moyen de Marsa-Matrouh, en Marmarique.* Note de M. **Ferdinand Canu**, présentée par M. H. Douvillé.

Les Bryozoaires fossiles de l'Égypte sont très peu connus. En 1883, Th. Fuchs (¹) en a fait connaître quelques-uns provenant du Miocène de l'oasis de Siouah. Moi-même (²), en 1904, j'ai décrit quelques espèces provenant du Lutécien du Mokattam, du Burdigalien de Dar el Beda et de Gebel Geneffe, du Plaisancien de Gebel Chelloul.

Récemment, M. Pachundaki, mon savant collègue et ami, m'a communiqué une importante collection provenant de Marsa-Matrouh, en Marmarique. Elle comprend une quarantaine d'espèces. La plupart des spécimens sont parfaitement conservés et se prêtent à une étude facile et à une détermination exacte. Il y a notamment des Cellépores très remarquables par leur énorme volume. Ils témoignent, d'une part, du peu de profondeur des eaux et de leur thermalité élevée, et, d'autre part, d'une exubérance vitale comparable à celle qui peut être constatée dans les autres localités connues du même étage helvétien.

Quelques échantillons n'ont pu être rapportés aux espèces fossiles connues des divers étages méditerranéens. Ils appartiennent aux genres *Crisia*, *Hornera*, *Farcimia*, *Microporella*, *Hippoporina*, *Diazeuxia*, tous d'ailleurs vivant actuellement dans la Méditerranée et la mer Rouge.

Un certain nombre d'espèces vivent encore dans la mer Rouge, où elles ont été signalées depuis longtemps par Savigny (³).

(¹) Th. Fuchs, *Beitrage zur Kenntniss des Miocænfauna Ægypteus und der libyschen Wüste* (*Paleontographica*, 1883).

(²) F. Canu, *Les Bryozoaires fossiles de l'Égypte*, Contr. I (*Bull. Inst. égyptien*. 4ᵉ série, t. IV, 1904).

(³) J.-C. Savigny, *Description de l'Égypte : Hist. nat.* (*Pl. VI-XIV*). — J.-V. Audoin, *Explication sommaire des planches de Polypes de l'Égypte et de la Syrie, publiées par J.-C. Savigny*, 1826.

Treize espèces se retrouvent simultanément dans l'Helvétien du midi de la France et dans les faluns de Touraine. Ce sont :

Membranipora Lacroixi Aud., *M. monostachys* Bk., *Cribrilina radiata* Moll., *Onychocella angulosa* Rss., *Micropora andegavensis* Mich., *Schizoporella unicornis* Jh., *Sch. auriculata* Hass., *Sch. linearis* Hass., *Sch. monilifera* M. Edw., *Retepora cellulosa* L., *R. Beaniana* King, *Stomatopora major* Jh., *St. granulata* M. Edw.

Huit espèces n'ont été trouvées que dans l'Helvétien de la France méridionale. Ce sont :

Membranipora diadema Rss., *M. Dumerili* Aud., *Porella macrochila* Rss., *Cellepora globularis* Bronn, *C. polythele* Rss., *Osthimosia coronopus* Bk., *Diastopora flabellum* Rss., *Fungella multifida* Bk.

Cinq espèces, non encore observées dans l'Helvétien de la France méridionale, se retrouvent cependant dans les faluns de Touraine. Ce sont :

Cupularia umbellata Def., *Cellepora parasitica* Mich., *Stomatopora rugulosa* Rss., *Proboscina dilatans* Jh., *Pr. expansa* Hks.

Des constatations analogues pourraient être faites avec l'Helvétien d'Italie, de Sardaigne, d'Algérie, d'Espagne. Il y a donc une grande unité de faune dans l'étage. La Méditerranée communiquait alors largement avec l'Atlantique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la cause de la chaleur des roches terrestres.* Note de M. **J.-A. Le Bel**, présentée par M. Arm. Gautier.

J'ai signalé autrefois, dans une suite de Communications adressées à la Société de Physique, que diverses matières, en particulier le granit et le sable, entourées d'une gaine isolante d'asbeste, manifestent une température supérieure de $0°,02$ ou $0°,03$ à celle de leur enceinte; j'ai toujours attribué ce phénomène à l'effet d'un rayonnement dont la nature restait douteuse.

Depuis lors mes expériences ont été confirmées par M. Twing, qui

employait des dispositifs fort différents et le thermomètre électrique au lieu du thermomètre à mercure; par contre on s'accorde, généralement, à attribuer ce phénomène à une radioactivité de la roche. Cette hypothèse serait rationnelle si, comme l'a cru Curie, la chaleur du radium était due à un rayonnement extérieur; mais on sait aujourd'hui qu'il n'y a pas de radioactivité sans production d'émanation et décomposition de la matière radiante, la présence dans la roche d'une matière décomposable comme le radium ne peut donc expliquer la permanence du phénomène calorifique à travers la suite des temps.

Si l'hypothèse de la radioactivité est contraire à la théorie, elle l'est encore bien plus à l'expérience. J'avais toujours remarqué que la nature des murs et plafonds formant la chambre où l'on expérimente exerce une influence considérable sur la réussite de l'expérience; aussi, lorsqu'il s'est agi de construire la cave où j'expérimente aujourd'hui, j'ai exigé une voûte en calcaire, alors qu'il est d'usage, à Paris, de faire cette sorte de travaux en pierre meulière.

L'exactitude de ces premières observations, faites d'abord en cave et d'une façon un peu irrégulière, fut confirmée par une observation faite au deuxième étage [1] dans une chambre à température constante avec enceinte de 20^{cm} de sable soutenue par des cylindres de bois mince. Dans ce milieu, le cylindre de sable de 30^{cm} sur 30^{cm} entouré de $7^{cm},5$ d'asbeste ne présentait plus aucun excédent.

J'ai aussi fait cette observation qu'une enceinte de zinc d'un demi-millimètre d'épaisseur permet encore d'observer un excédent de $0^{o},02$. Si l'on rend cette enceinte étanche et qu'on sèche avec $CaCl^2$ l'air déplacé par les variations de pression, on peut opérer dans les lieux humides sans inconvénients et transporter dans la cave, profonde de 20^{m}, toutes les expériences que le zinc ne trouble pas; on est alors délivré de l'inconvénient des thermostats. J'ai observé, dans ces conditions, qu'une enceinte de paraffine de 1^{cm} d'épaisseur réduit le chiffre observé à moins de $0^{o},005$, ce qui constitue la limite de ce qu'on peut observer avec certitude. Avec enceinte de carreaux de vitre, on avait $0^{o},01$.

L'influence de l'enceinte est donc indiscutable; par conséquent, la partie

---

(1) Les parois de la chambre étaient en calcaire et plâtre. Il est utile de signaler ces détails, parce que certains phénomènes ne se reproduisent pas identiquement hors du sol et à 20^{m} sous terre.

principale de la chaleur des roches est due, non pas à la radioactivité, mais à l'effet d'un rayonnement venu de l'extérieur dont je me réserve de continuer l'étude.

M. L. Thouveny adresse une Note intitulée : *Le vol ramé et les formes de l'aile.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 29 mars 1909.

Transmission automatique de l'heure de l'Observatoire de Besançon à l'Hôtel de Ville, à l'Université, au domicile des fabricants d'horlogerie, etc., par M. A. Sallet. Besançon, J. Millot et Cie, 1909; 1 fasc. in-8°.

Statistique générale de la France. Résultats statistiques du recensement général de la population effectué le 4 mars 1906. Tome I. Première Partie : *Introduction. Population légale ou résidence habituelle pour la France entière;* publié par le Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail. Paris, Imprimerie nationale, 1908; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de l'Institut océanographique, fondation Albert Ier, Prince de Monaco; nos 131-134, 15 janvier au 28 février 1909. Monaco; 4 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société zoologique de France; t. XXXIII, nos 1 à 10, 31 mars 1908 au 30 janvier 1909. Paris; 6 fasc. in-8°.

Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France, publiée sous la direction de M. Ernest Olivier; 21e année, 1908; 22e année 1909, 1er trimestre. Moulins, Etienne Auclaire; 1 vol. et 1 fasc. in-8°. (Hommage de M. E. Olivier.)

Die mittlere Temperatur der Luft im Meersniveau, dargestellt als Funktion der geographischen Länge, Breite und Jahreszeit, von Dr H. Fritsche, Director des Observatoriums in Peking, mit 7 Isothermkarten der südlichen Hemisphäre. *Meteorologische Publication,* I. Riga, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Entwurf zu einer Gastheorie mit ruhenden Körpermolekülen, von Rudolph Uhlich. Doebeln, Adolph Thallwitz, 1909; 1 fasc. in-4°.

Palaeontologia Indica; new series, t. II, mem. 4; t. III, mem. 2. Calcutta, 1908; 2 fasc. in-f°.

Mount Wilson solar Observatory of the Carnegie Institution of Washington. Annual report of the Director, 1908. (Extr. du *Year Book,* n°s 7, p. 146-157.) 1 fasc. in-8°.

Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse; Bd. LXXXI, 1908; mit 8 Tafeln, 2 Karten und 90 Textfiguren. Vienne, 1908; 1 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 5 avril 1909.

Rapport sur les travaux du Bureau central de l'Association géodésique internationale en 1908, *et programme des travaux pour l'exercice de* 1909. Leyde, E.-J. Bill, 1909; 1 fasc. in-4°.

La pêche dans les abîmes, par S. A. S. le Prince Albert Ier de Monaco. (*Bulletin de l'Institut océanographique,* n° 137, 30 mars 1909.) Monaco; 1 fasc. in-8°.

Mission scientifique G. de Créqui-Montfort et E. Sénéchal de la Grange. *Anthropologie bolivienne,* par le Dr Arthur Chervin. Tome I, *Ethnologie, démographie, photographie métrique.* Tome II, *Anthropométrie.* Tome III, *Craniologie.* (Présenté par le Prince Roland Bonaparte. Hommage de l'auteur.)

Il centenario di Carlo Darwin, par G.-B. de Toni. (Extr. de la Revue *L'Università italiana;* 8e année.) Bologne, 1909; 1 fasc. in-8°.

Rapport sur le concours de réglage des chronomètres de l'année 1908, présenté à la Classe d'Industrie et Commerce de la Société des Arts de Genève, le 15 février 1909, par M. le Professeur Raoul Gautier, Directeur de l'Observatoire de Genève, suivi des textes du *Règlement chronométrique de l'Observatoire,* du 24 novembre 1908, et du *Règlement du concours de chronomètres.* S. l. [Genève]; 1 fasc. in-8°.

Les jeux d'orgue et leurs timbres, leurs combinaisons et les phénomènes acoustiques qu'ils présentent, par Charles Locher; 2e édition, traduction de Jean Bovet. Paris, Fischbacher, 1909; 1 vol. in-8°.

Department of terrestrial magnetism of the Carnegie Institution of Washington: annual Report of the Director, 1908; 1 fasc. in-8°.

Étude du champ électrique de l'atmosphère, faits nouveaux et vue théorique expérimentale, par Georges Le Cadet. Hanoï-Haïphong, 1908; 1 fasc. in-4°.

M. D. Francesco Faccin adresse les Opuscules portant les titres suivants : *Il catalogo astrofotografico della zona di Catania. — La kometo de Morehouse. — Il Nei Cieli. — Il passagio di Mercurio davanti al Sole del* 14 *novembre* 1907. Pavie, 1907-1908; 4 fasc. in-4°.

Catalogos da Fauna braziliera, editados pelo Museu Paulista. Tome II : *Os Myriapodos do Brazil,* por Henry-W. Brölemann. Saô Paulo, 1909; 1 fasc. in-8°.

Malayan Ferns. Handbook to the determination of the Ferns of the Malayan Islands, by W.-K. van Alderwerelt van Rosenburgh. Batavia, 1908; 1 vol. in-8°.

Étude sur le théorème de Fermat, prr Émile Sageret. Paris, L. Dulac, 1909; 1 fasc. in-8°.

Conditions du progrès de la philosophie positive, par A. Parachine, traduit du russe par Paul Tastevin. Moscou, 1909; 1 fasc. in-8°.

Signification réelle du terme « force » et loi de la conservation de l'énergie considérée comme principe cosmique, par A. Parachine, traduit du russe par Paul Tastevin. Moscou, 1909; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine de Belgique; 4e série, t. XXIII, n° 1. Bruxelles, Hayez, 1909; 1 fasc. in-8°.

Annales de la Société scientifique de Bruxelles, 33e année, 1908-1909, 1er fascicule. Louvain, 1 fasc. in-8°.

Annaes scientificos da Academia Polytechnica do Porto, pub. sobre a direcçao de F. Gomes Teixeira; t. IV, n° 1. Coïmbre, 1909; 1 fasc. in-8°.

Atti della Società d'Incoraggiamento d'Arti e Mestieri in Milano, anno 1908. Milan, 1908; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 22 février 1909.)

Note de M. *Julius Gnezda*, Réactions colorées des corps indoliques avec les sucres :

Page 485, ligne 5 de la Note, *au lieu de* $D = 1, 12$, *lisez* $D = 1, 19$.

(Séance du 8 mars 1909.)

Note de M. *Th. De Donder,* Généralisation du théorème de Poisson :

Page 610, ligne 7, *au lieu de* h, lisez H.

Même page, lignes 13 et 15, *au lieu de* deuxième, lisez $2^{m-\text{ième}}$.

Page 611, ligne 3 en remontant, *au lieu de* forme quelconque, *lisez* fonction quelconque.

ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU MARDI 13 AVRIL 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MODIFICATION AU RÈGLEMENT.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse l'ampliation d'un Décret en date du 31 mars 1909 portant modification de l'article du Règlement relatif aux élections.

On reproduit ici le libellé du nouvel article, qui devient exécutoire dès maintenant :

Art. IV. — Dans le deuxième mois qui suivra la vacance d'une place de membre titulaire, ou au mois d'octobre si la vacance s'est produite en juillet ou en août, l'Académie sera convoquée pour fixer la date de l'élection après avoir entendu sur cet objet le Rapport de la Section dans laquelle la place sera vacante.

Au jour fixé, tous les membres seront convoqués. La Section dans laquelle la place sera vacante présentera en Comité secret trois candidats au moins et six au plus, dans l'ordre de préférence qu'elle leur accorde.

Le mérite des candidats présentés par la Section, ainsi que de ceux qu'elle pourrait avoir omis et que l'Académie aura ajoutés à la liste, sera discuté en séance secrète.

Les membres seront de nouveau convoqués pour la séance qui suivra le Comité secret où la discussion aura été close. Si les deux tiers sont présents, on procédera à l'élection. Si les deux tiers des membres ne sont pas présents, les membres seront convoqués de nouveau pour la séance suivante ; et il suffira alors, pour procéder à l'élection, de la majorité des membres de l'Académie.

L'élection aura lieu, dans les deux cas, par voie de scrutin individuel, et sans s'astreindre à aucune liste.

Les trois premiers tours de scrutin demandent pour l'élection la majorité absolue. Si elle n'est pas atteinte, on procédera à un scrutin de ballottage entre tous les candidats qui n'en auront point deux autres supérieurs en

suffrages. Si ce premier scrutin ne donne pas de résultat, on procédera à un second tour, toujours avec la même condition, c'est-à-dire entre les candidats qui, au premier scrutin de ballottage, n'en auront point deux autres supérieurs en suffrages.

Si, à ce second scrutin de ballottage, aucun des candidats n'obtient la majorité absolue, l'élection est renvoyée à 3 mois ou à 6 mois, suivant la décision de l'Académie.

Art. IV *bis*. — Les mêmes règles seront suivies pour l'élection d'un Académicien libre ou d'un Associé étranger, avec cette différence qu'il n'y aura pas lieu de prendre l'avis d'une Section.

Au jour fixé par l'Académie, les membres seront convoqués en Comité secret et procéderont à une discussion préliminaire sur les mérites des divers savants auxquels on pourrait songer.

A la séance publique qui suivra ce Comité secret, et à laquelle les membres seront également convoqués, il sera procédé à la nomination de la Commission chargée de présenter les candidats.

Pour l'élection d'un Académicien libre, la composition de la Commission est déterminée par l'article VII du Règlement.

Dans le cas d'un Associé étranger, la Commission sera présidée par le Président et se composera en outre de six membres choisis, par parties égales, dans les deux divisions des Sciences mathématiques et des Sciences physiques.

Art. IV *ter*. — Dans tous les scrutins, pour le calcul de la majorité absolue, les bulletins blancs seront comptés s'ils sont marqués d'un signe intentionnel.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la diffraction des ondes hertziennes.* Note de M. **H. Poincaré**.

Dans la Note que j'ai récemment consacrée au même sujet, j'ai ramené le calcul de l'intensité de l'onde diffractée à celui d'une série de la forme

$$\sum C_n P_n, \tag{1}$$

où les P_n sont des polynomes de Legendre et les C_n des coefficients. J'ai montré comment on pouvait obtenir des valeurs très approchées des coefficients C_n et des polynomes P_n eux-mêmes, et que les termes les plus importants de la série sont ceux où n est voisin de $\omega\rho$, ρ étant le rayon de la sphère diffringente et ω un coefficient dépendant de la période des radiations incidentes.

Si l'on remplace les P_n par leurs expressions approchées, on voit que la sommation de la série (1) peut se ramener à celle d'une autre série

$$\sum C_n e^{ni\psi}. \tag{2}$$

Pour nous rendre compte de l'ordre de grandeur de la somme de cette série, nous l'avons remplacée par une intégrale. Cette façon de faire peut se justifier par les considérations suivantes. Le terme principal de C_n est de la forme (en supposant $\rho = 1$)

$$A(n-\omega)^{-\frac{1}{4}},$$

A étant un coefficient constant. Nous pouvons alors envisager la série

$$f(\psi) = \sum A(n-\omega)^{-\frac{1}{4}} e^{ni\psi}, \tag{3}$$

d'où

$$\int_\nu^{\nu+1} f(\psi) e^{-i\omega\psi}\, d\omega = \sum A \int_\nu^{\nu+1} (n-\omega)^{-\frac{1}{4}} e^{(n-\omega)i\psi}\, d\omega$$

ou bien (en remplaçant $n-\omega$ par q)

$$\int_\nu^{\nu+1} f(\psi) e^{-i\omega\psi}\, d\omega = -A\int dq . q^{-\frac{1}{4}} e^{qi\psi}. \tag{4}$$

Le premier membre peut être considéré comme représentant la valeur moyenne de la fonction $f(\psi)$ quand ω varie entre deux valeurs entières consécutives ν et $\nu+1$; le second membre n'est autre chose que l'intégrale que j'ai calculée dans la Note citée. On voit que, si cette intégrale n'est pas très petite, la fonction $f(\psi)$ ne peut pas être très petite pour toutes les valeurs de ω. Ce qui justifie cette façon de procéder, c'est que les radiations incidentes, étant amorties, sont assimilables non à des radiations monochromatiques, mais à une lumière possédant un spectre continu.

Mais on peut aller plus loin et se proposer d'étudier la série (2) elle-même, ou la fonction $f(\psi)$ pour une valeur déterminée de ω.

On peut, par l'application d'un théorème bien connu d'Abel, trouver une limite supérieure du reste de la série. On voit ainsi qu'à cause de la décroissance des coefficients C_n quand n s'éloigne de ω, les seuls termes qui aient une influence sur l'ordre de grandeur de la somme de la série sont ceux pour lesquels n est voisin de ω. Si ω est très voisin d'un entier, l'un de ces termes est notablement plus grand que les autres et l'expression de l'onde diffractée se réduit sensiblement à un seul terme proportionnel à un des polynomes de Legendre. Elle est notablement plus intense que dans le cas général, par suite d'un véritable phénomène de résonance. Si ω n'est pas très voisin d'un entier, un des termes reste prépondérant, mais il interfère avec les autres termes de façon à produire de véritables franges d'interférence. Il va sans dire que ces franges ne seront pas observables, parce que, comme je viens de le faire remarquer, la source peut être regardée comme possédant un spectre continu, de sorte que l'observation ne pourra déceler que quelque chose d'analogue à cette valeur moyenne définie par l'équation (4).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une solution générale du spectrohéliographe.* Note de M. **H. Deslandres.**

L'enregistrement, aussi complet et continu que possible, doit être appliqué à tous les éléments variables du Soleil (1); il s'impose pour son atmosphère qui offre des variations rapides, surtout dans ses couches supérieures. Cette atmosphère est, comme la nôtre, formée de gaz et de particules; mais son étendue et sa complexité sont relativement beaucoup plus grandes. Or la partie gazeuse est décelée par les raies noires ou brillantes du spectre, au nombre de 20000, qui correspondent aux vapeurs les plus diverses. Comme chaque raie peut et doit être examinée isolément, il y a là un champ d'études extrêmement vaste, à peine encore exploré (2).

J'ai déjà énuméré et classé les spectrographes enregistreurs ou spectro-enregistreurs, employés actuellement pour l'atmosphère solaire (voir la Note des *Comptes rendus* de 1906 intitulée : *Appareils enregistreurs de l'atmosphère*

(1) Voir une Note de 1893, intitulée : *Sur l'enregistrement des éléments variables du Soleil* (*Comptes rendus*, t. CXVII, p. 716).

(2) L'enregistrement a été appliqué d'abord aux raies exceptionnelles H_2 et K_2 qui sont les seules brillantes sur le disque entier. Les autres raies sont noires, en général, et leur étude complète avec les nouveaux appareils représente un travail énorme.

solaire, t. CXLIII, p. 1210). J'ai distingué trois groupes d'appareils, qui ont chacun un but spécial et des mouvements caractéristiques, à savoir : 1° les spectro-enregistreurs des formes ou spectrohéliographes qui, en isolant avec une seconde fente une raie particulière, reconstituent les formes ou l'image de la vapeur correspondante ; 2° les spectro-enregistreurs des vitesses, qui relèvent les vitesses radiales de la même vapeur ; 3° les spectro-enregistreurs qui relèvent le spectre entier, là où il est variable, c'est-à-dire sur les taches.

L'un des plus importants est le spectrohéliographe qui a déjà été réalisé dans plusieurs Observatoires et même sous des formes assez différentes. La Note actuelle décrit avec détails un spectrohéliographe récemment organisé à Meudon avec l'aide de d'Azambuja et Burson. Il est d'un type nouveau et offre de sérieux avantages.

L'appareil comporte en principe, comme on sait, deux mouvements uniformes et simultanés, qui sont un mouvement relatif de la première fente par rapport à l'image réelle du Soleil projetée sur elle, et un mouvement relatif proportionnel de la seconde fente et de la plaque photographique ; avec une vitesse convenable, on obtient ainsi une image monochromatique de la vapeur sur le disque entier de l'astre. Les deux mouvements nécessaires sont d'ailleurs réalisables de façons différentes, d'où cinq types de spectrohéliographes ; quatre de ces types ont déjà été construits. De plus, avec une disposition spéciale des parties, les deux mouvements se réduisent à un seul ou plutôt sont obtenus par le déplacement d'une seule pièce : ce qui conduit à distinguer les spectrohéliographes à un et à deux mouvements (voir la Note précédemment citée de 1906).

La plupart des spectrohéliographes en usage sont à un seul mouvement, la pièce mobile unique étant le spectrographe entier qui se déplace devant l'image réelle du Soleil et la plaque immobiles. La solution est, en effet, simple au point de vue mécanique, et elle évite des transmissions difficiles à organiser. Par contre, elle ne permet pas, au moins avec le mouvement rectiligne, des images finales plus grandes ou plus petites que l'image solaire projetée sur la fente ; de plus, le spectrographe, qui est mobile, a des dimensions nécessairement restreintes et donc une dispersion seulement faible ou moyenne. On peut alors isoler des raies relativement larges telles que H_1 ou K_1, H_2 ou K_2 du calcium et les raies de l'hydrogène ; mais l'appareil est insuffisant pour les raies plus fines telles que H_3 et K_3 du calcium (1), parti-

(1) La plupart des raies noires sont encore plus fines que les raies H_3 et K_3.

culièrement intéressantes puisqu'elles correspondent aux couches les plus hautes de l'atmosphère.

Si l'on veut progresser dans cette direction, et comme les raies fines sont les plus nombreuses, il faut avoir un spectrographe plus grand et donc immobile, relié à un cœlostat; puis faire mouvoir simultanément la plaque devant la seconde fente et l'image solaire devant la première fente, le deuxième mouvement étant réalisé, par exemple, en déplaçant l'objectif astronomique de projection. On est ainsi conduit au type de spectrohéliographe désigné par le numéro 3, le seul qui restait à réaliser. J'ai préconisé cette solution en 1906, en remarquant que les deux mouvements seraient obtenus aisément par deux bonnes vis et deux moteurs électriques synchrones analogues à ceux de la télégraphie.

La construction a été commencée en 1907 et j'ai présenté l'appareil, déjà fort avancé, au Congrès international des Recherches solaires qui s'est réuni en mai 1907, à Meudon, en ajoutant qu'il donnait une solution générale du spectrohéliographe (*Transactions of the International Union for Cooperation in Solar research*, Vol. II, p. 17, 98 et 242).

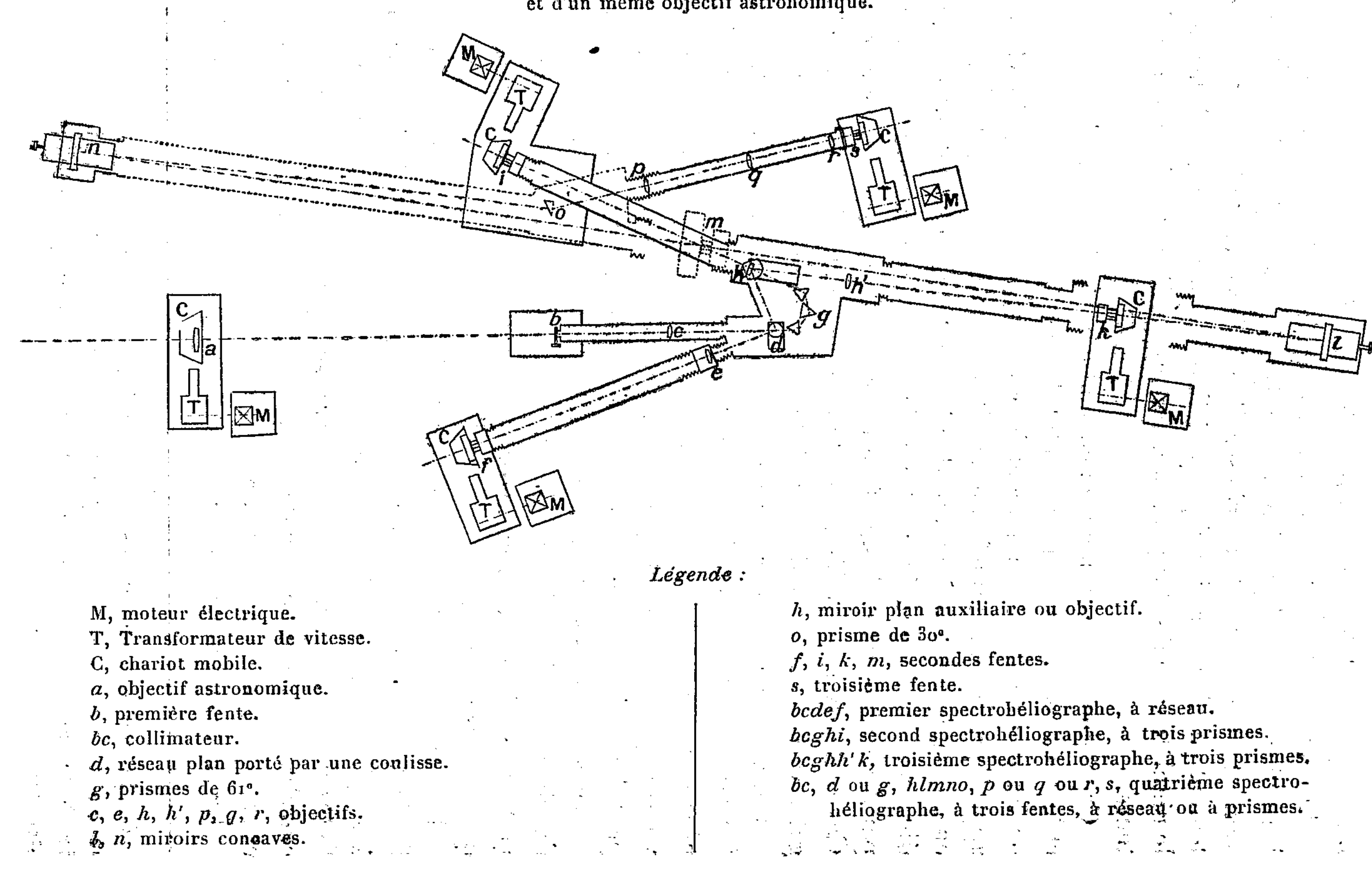
En 1908, l'appareil, mis en service courant, a fourni les premières images des couches H_3 et K_3, et d'autres couches à raies fines. Il a donc été déjà utile; de plus, il a l'avantage de se prêter aux combinaisons les plus diverses; il convient à tous les cas et justifie l'opinion portée sur lui en 1907. A l'appui, je présente une description détaillée du dispositif adopté pour 1909 en la complétant par un dessin.

L'appareil comprend, en réalité, quatre spectrohéliographes différents qui sont groupés autour d'un même collimateur, d'un même objectif astronomique et d'un même cœlostat. Ces quatre spectrographes, qui sont organisés pour des recherches différentes, sont les uns à deux fentes, les autres à trois fentes et ont des chambres aussi très différentes; cependant, les deux mouvements nécessaires leur sont assurés par les mêmes organes électriques.

Dans ce type, les pièces mobiles sont, d'une part, l'objectif astronomique et, d'autre part, la plaque photographique placée derrière la seconde ou la troisième fente; elles sont portées chacune par un chariot qui roule sur trois billes guidées. Leur mouvement simultané est assuré, non plus comme dans les premiers spectrohéliographes par une liaison mécanique formée de leviers, poulies ou engrenages, car cette liaison est difficile ou même impossible, lorsque les pièces sont éloignées ou souvent changées de place; le mouvement est obtenu pour chacune par un moteur électrique du

Disposition du grand spectrohéliographe de Meudon.

L'emploi de moteurs électriques synchrones a permis de grouper en réalité quatre spectrohéliographes différents autour d'un même collimateur et d'un même objectif astronomique.



Légende :

M, moteur électrique.
T, Transformateur de vitesse.
C, chariot mobile.
a, objectif astronomique.
b, première fente.
bc, collimateur.
d, réseau plan porté par une coulisse.
g, prismes de 61°.
c, *e*, *h*, *h'*, *p*, *g*, *r*, objectifs.
l, *n*, miroirs concaves.

h, miroir plan auxiliaire ou objectif.
o, prisme de 30°.
f, *i*, *k*, *m*, secondes fentes.
s, troisième fente.
bcdef, premier spectrohéliographe, à réseau.
bcghi, second spectrohéliographe, à trois prismes.
bcghh'k, troisième spectrohéliographe, à trois prismes.
bc, *d* ou *g*, *hlmno*, *p* ou *q* ou *r*, *s*, quatrième spectrohéliographe, à trois fentes, à réseau ou à prismes.

système Baudot, qui fait tourner une vis reliée au chariot par l'intermédiaire d'un organe spécial appelé *transformateur de vitesse*.

Le moteur est exactement celui construit par la maison Carpentier pour le service télégraphique; le synchronisme est assuré d'abord approximativement par un régulateur très sensible à force centrifuge, et ensuite exactement par l'organe électrique dû à l'ingénieur Baudot; mais le plus souvent le régulateur seul suffit pour la marche régulière et uniforme des deux moteurs.

Cependant les deux mouvements ne sont pas égaux, mais proportionnels, et leur vitesse doit varier avec l'état du ciel. Pour réaliser ces conditions, on interpose entre le moteur et la vis le transformateur de vitesse, ainsi appelé parce qu'il transforme la vitesse constante de rotation du moteur en une vitesse de rotation variable à volonté. Ce résultat est obtenu par le dispositif bien connu du galet mobile le long de son axe qui tourne, entraîné par deux plateaux se faisant face et animés de vitesses égales et contraires. Ces plateaux sont reliés au moteur et le galet à la vis; or la vitesse du galet varie suivant la distance à l'axe commun des deux plateaux.

Deux organes moteurs formés chacun d'un moteur Baudot, d'un transformateur de vitesse et d'une vis suffisent pour les mouvements simultanés nécessaires; et comme ils sont utilisables à toutes les distances, avec des vitesses quelconques, et que de plus ils sont aisément transportables, on peut dire qu'ils fournissent une solution générale du spectrohéliographe.

Leurs positions sont indiquées sur le dessin par les lettres M et T, à côté du chariot mobile désigné par la lettre C; on peut avoir deux organes moteurs seulement, ou en avoir un spécial pour chaque chariot mobile, ce qui est plus commode.

Le dessin ne montre pas le cœlostat qui est en dehors des limites (¹); mais l'objectif astronomique *a*, de 25^{cm} d'ouverture et de 4^{m} de distance focale, est à sa place normale; il faisait partie depuis longtemps de la collection de l'Observatoire, et on l'a utilisé par raison d'économie; mais ses dimensions entraînent celles du collimateur *bc*, dont l'objectif a une ouverture de 12^{cm} et une distance focale de $1^{m},25$.

Le faisceau lumineux du collimateur tombe soit sur un réseau *d*, soit sur

(¹) Le cœlostat employé est un appareil provisoire construit avec de vieux instruments du passage de Vénus. Quant au grand sidérostat, dont il est question dans les Notes précédentes, et qui devait être livré en 1907, il est toujours chez le constructeur.

un train de prismes *g*, lesquels sont situés à peu près dans le plan qui contient l'image du grand objectif *a* donnée par le petit objectif *c*, c'est-à-dire dans le plan où la largeur du faisceau est réduite à son minimum.

Un premier spectrohéliographe *bcdef* comprend le collimateur *ab*, le réseau *d* et la chambre *ef* longue de $2^m,80$; il donne l'image de la raie Hα de l'hydrogène, signalée récemment par Hale comme particulièrement intéressante et aussi l'image de raies voisines.

Si le réseau, porté par une coulisse, est écarté, le faisceau tombe sur le train de prismes *g* et l'on a le second spectrohéliographe *bcghi*, avec l'objectif *h* et la chambre *hi* longue de 3^m, les prismes étant au minimum de déviation pour la raie K. L'appareil donne une image de la raie K_3, et aussi de la raie K_2, d'un diamètre supérieur à 80^{mm}, qui est utilement comparée à l'image précédente de la raie Hα, dont la largeur est à peu près égale.

Si l'on veut isoler une autre raie du spectre, on place l'objectif en *h'*, et on le remplace en *h* par un miroir plan qui peut tourner autour d'un axe vertical et se déplacer horizontalement. On met alors les prismes au minimum pour la radiation à étudier et le miroir *h'* est disposé de manière à réfléchir cette radiation vers la chambre *h'i*. Le troisième spectrohéliographe *bcghh'i* est ainsi constitué [1].

Enfin, la dispersion des appareils précédents peut être insuffisante; la chambre *h'i* est alors enlevée et l'on organise le quatrième spectrohélio-*bcd* ou *gh'klmnop*, à trois fentes, analogue à celui des figures 2 et 3 dans la Note de 1906 et formé de deux grands spectrographes qui se suivent et ont chacun un grand miroir concave avec distance focale de 7^{cm}. L'image à la seconde fente est grande; on la diminue avec le second spectrographe et d'autant plus que le dernier objectif traversé a une distance focale plus faible; on a eu ainsi des images finales du Soleil de 10^{mm} seulement. L'ap-

---

(1) Le minimum de déviation pour la raie étudiée s'obtient en tournant simplement une vis micrométrique graduée. De plus, le transfert de l'objectif de la position *h* à la position *h'* et son remplacement par le miroir plan se font rapidement, les supports des deux pièces entrant dans deux mêmes goupilles. Ces pièces sont portées en *h* par un plateau tournant mû par une vis graduée et le plateau est supporté lui-même par une coulisse qui se déplace dans la direction *hh'kl*.

Le miroir plan auxiliaire permet, lorsque la raie isolée est variable, d'avoir une chambre fixe; mais il est nécessaire seulement avec le quatrième spectrohéliographe long de 14^m. Lorsque la raie change, on peut en effet, avec le second spectrohéliographe, déplacer simplement la chambre *hi* et son organe moteur, ce qui n'est pas très long.

pareil isole bien les raies très fines et en éliminant la lumière diffuse; mais il exige une pose longue, au moins lorsque l'image finale est assez grande. C'est lui qui a fourni, en 1908, les premières images des couches K_3, larges de 40^{mm}.

Le passage d'un spectrohéliographe à un autre se fait facilement et la complication est plus apparente que réelle. De toute façon, la réunion de ces appareils permet des recherches variées sur le Soleil et son atmosphère. Elle a donné déjà des résultats intéressants sur les filaments noirs des couches supérieures, dans les images K_3 et $H\alpha$.

Le mouvement de l'image solaire sur la première fente a été obtenu en déplaçant l'objectif astronomique : mais une solution aussi commode et même meilleure avec un objectif de grande distance focale, consiste à faire tourner l'un des deux miroirs du cœlostat, l'organe moteur électrique restant toujours le même.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les transformations des réseaux O associés.* Note [1] de M. C. GUICHARD.

Deux réseaux O sont dits *associés* (*Sur les systèmes orthogonaux et les systèmes cycliques*, § 59) lorsque les coordonnées des deux réseaux satisfont à la même équation de Laplace. On sait qu'entre les rotations m et n du premier réseau et les rotations analogues m_1 et n_1 du second existent les relations

$$m_1 = m\frac{U}{V}, \qquad n_1 = n\frac{V}{U}.$$

Je me placerai dans le cas général où aucune des fonctions U et V ne se réduit à une constante, et, pour simplifier l'exposition, je suppose le premier réseau situé dans l'espace à cinq dimensions; le second dans l'espace à quatre dimensions. A ces réseaux correspondent des déterminants orthogonaux Δ et Δ_1 :

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{15} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{25} \\ x_{31} & x_{32} & \dots & x_{35} \\ \xi_1 & \xi_2 & \dots & \xi_5 \\ \eta_1 & \eta_2 & \dots & \eta_5 \end{vmatrix}, \qquad \Delta_1 = \begin{vmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{14} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{24} \\ \xi'_1 & \xi'_2 & \dots & \xi'_4 \\ \eta'_1 & \eta'_2 & \dots & \eta'_4 \end{vmatrix}.$$

[1] Reçue dans la séance du 29 mars 1909.

Je désigne les rotations du premier réseau par

$$\begin{matrix} a_1, & a_2, & a_3, & m, \\ b_1, & b_2, & b_3, & n; \end{matrix}$$

celles du second par

$$\begin{matrix} e_1 U, & e_2 U, & m\dfrac{U}{V}, \\ f_1 V, & f_2 V, & n\dfrac{V}{U}, \end{matrix}$$

de sorte qu'on a

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{\partial a_k}{\partial v} &= m b_k, & \frac{\partial e_k}{\partial v} &= m f_k, \\ \frac{\partial b_k}{\partial u} &= n a_k, & \frac{\partial f_k}{\partial u} &= n e_k, \end{aligned} \right.$$

et

$$(2) \qquad \Sigma a_k b_k + \frac{\partial m}{\partial v} + \frac{\partial n}{\partial u} = 0,$$

$$UV\Sigma e_k f_k + \frac{U}{V}\frac{\partial m}{\partial v} - \frac{UV'}{V^2} m + \frac{V}{U}\frac{\partial n}{\partial u} - \frac{VU'}{U^2} n = 0$$

ou

$$(3) \qquad \Sigma e_k f_k + \frac{1}{V^2}\frac{\partial m}{\partial v} - \frac{V'}{V^3} m + \frac{1}{U^2}\frac{\partial n}{\partial u} - \frac{U'}{U^3} n = 0.$$

Je me place dans le cas où il n'existe pas de relation linéaire entre les rotations a et e, et par suite aussi entre b et f. Des équations (2) et (3) on déduit

$$(4) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\cos^2\theta\,\Sigma a_k b_k + \sin^2\theta\,\Sigma e_k f_k + \frac{1}{V_1^2}\frac{\partial m}{\partial v} - \frac{V_1'}{V_1^3} m + \frac{1}{U_1^2}\frac{\partial n}{\partial u} - \frac{U_1'}{U_1^3} n = 0, \\ &\frac{1}{U_1^2} = \cos^2\theta + \frac{\sin^2\theta}{U^2}, \qquad \frac{1}{V_1^2} = \cos^2\theta + \frac{\sin^2\theta}{V^2}, \end{aligned} \right.$$

θ étant une constante arbitraire. Il en résulte qu'il existe un déterminant orthogonal Δ_2,

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} z_{11} & \dots & z_{17} \\ z_{21} & \dots & z_{27} \\ z_{31} & \dots & z_{37} \\ z_{41} & \dots & z_{47} \\ z_{51} & \dots & z_{57} \\ \xi''_1 & \dots & \xi''_7 \\ \eta''_1 & \dots & \eta''_7 \end{vmatrix}$$

ayant pour rotations

$$U_1 a_1 \cos\theta,\quad U_1 a_2 \cos\theta,\quad U_1 a_3 \cos\theta,\quad U_1 e_1 \sin\theta,\quad U_1 e_2 \sin\theta,\quad m\frac{U_1}{V_1},$$
$$V_1 b_1 \cos\theta,\quad V_1 b_2 \cos\theta,\quad V_1 b_3 \cos\theta,\quad V_1 f_1 \sin\theta,\quad V_1 f_2 \sin\theta,\quad n\frac{V_1}{U_1}.$$

Par conséquent les réseaux sont associés à une infinité de réseaux de l'espace à sept dimensions. D'une manière générale, *deux réseaux* O *associés, situés dans des espaces d'ordre* μ *et* ν, *sont associés à une infinité de réseaux* O *situés dans un espace d'ordre* $\mu+\nu-2$ (on suppose toujours qu'il n'y a pas de relation linéaire entre les rotations a et e).

On peut maintenant former des réseaux O,

$$A(X_1, \ldots, X_3),\quad B(Y_1, \ldots, Y_4),\quad C(Z_1, Z_2, \ldots, Z_7),$$

correspondant aux déterminants Δ, Δ_1, Δ_2, de la façon suivante. [Voir mon Mémoire *Sur la déformation des quadriques* (*Savants étrangers*, § 17).]

On détermine q et r par les équations

$$(5)\qquad \frac{\partial q}{\partial v} = nr,\qquad \frac{\partial r}{\partial u} = mq,$$

et $p_1, p_2, p_3, \rho_1, \rho_2$ par les quadratures compatibles

$$(6)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial p_k}{\partial u} = a_k q, & \dfrac{\partial P_k}{\partial u} = e_k q, \\ \dfrac{\partial p_k}{\partial v} = b_k r, & \dfrac{\partial P_k}{\partial v} = f_k r; \end{cases}$$

on a alors

$$(7)\qquad \begin{cases} X_i = p_1 x_{1i} + p_2 x_{2i} + p_3 x_{3i} + q\xi_i + r\eta_i, \\ Y_i = P_1 y_{1i} + P_2 y_{2i} + \dfrac{1}{U} q\xi'_i + \dfrac{1}{V} r\eta'_i, \\ Z_i = \cos\theta(p_1 z_{1i} + p_2 z_{2i} + p_3 z_{3i}) + \sin\theta(P_1 z_{4i} + P_2 z_{5i}) + \dfrac{1}{U_1} q\xi''_i + \dfrac{1}{V_1} r\eta''_i. \end{cases}$$

Les réseaux O ainsi formés ne sont pas associés en général. Je poserai

$$(8)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial X_k}{\partial u} = h\xi_k, & \dfrac{\partial Y_k}{\partial u} = h_1 U \xi'_k, & \dfrac{\partial Z_k}{\partial u} = h_2 U_1 \xi''_k; \\ \dfrac{\partial X_k}{\partial v} = l\eta_k, & \dfrac{\partial Y_k}{\partial v} = l_1 V \eta'_k, & \dfrac{\partial Z_k}{\partial v} = l_2 V_1 \eta''_k; \\ \rho^2 = \Sigma X_k^2, & \rho_1^2 = \Sigma Y_k^2, & \rho_2^2 = \Sigma Z_k^2. \end{cases}$$

On calcule facilement les valeurs des fonctions h, l et ρ; on vérifie ensuite les relations suivantes:

$$(9)\qquad \begin{cases} h_2 = h\cos^2\theta + h_1\sin^2\theta, \\ l_2 = l\cos^2\theta + l_1\sin^2\theta, \\ \rho_2^2 = \rho^2\cos^2\theta + \rho_1^2\sin^2\theta. \end{cases}$$

Première transformation. — On forme une combinaison isotrope des trois premières lignes de Δ; je prends, par exemple, la combinaison

$$X_1 = x_{11} + i x_{21}, \quad X_2 = x_{12} + i x_{21}, \quad \ldots, \quad X_5 = x_{15} + i x_{25}.$$

Je détermine ensuite Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 par les quadratures

$$(10)\qquad \frac{\partial Y_k}{\partial u} = (a_1 + i a_2) U \xi'_k, \qquad \frac{\partial Y_k}{\partial v} = (b_1 + i b_2) V \eta'_k,$$

et je pose

$$(11)\qquad Y_5 + i Y_6 = 1, \qquad Y_5 - i Y_6 = -\sum_1^4 Y_k^2;$$

enfin je prends

$$Z_k = z_{1k} + i z_{2k} \qquad (k = 1, 2, \ldots, 7).$$

Les fonctions X, Y, Z sont solutions de l'équation

$$(12)\qquad \frac{\partial^2 \chi}{\partial u\, \partial v} = \frac{\frac{\partial}{\partial v}(a_1 + i a_2)}{a_1 + i a_2} \frac{\partial \chi}{\partial u} + \frac{\frac{\partial}{\partial u}(b_1 + i b_2)}{b_1 + i b_2} \frac{\partial \chi}{\partial v}.$$

Soit χ une solution quelconque de cette équation. Les points

$$A_1\left(\frac{X_k}{\chi}\right), \qquad B_1\left(\frac{Y_k}{\chi}\right) \qquad (k = 1, 2, \ldots, 6); \qquad C_1\left(\frac{Z_k}{\chi}\right)$$

décrivent des réseaux O associés.

Si χ est une combinaison isotrope de Y_1, Y_2, …, Y_6, on pourra supprimer deux des coordonnées de B_1. On a un système analogue à celui qui a servi de point de départ.

Pour former les nouveaux déterminants Δ, Δ_2, on applique la transformation du paragraphe 20 (*Déformation des quadriques*); on obtient le nouveau déterminant Δ_1 en appliquant celle des paragraphes 18 et 19.

Deuxième transformation. — Prenons le déterminant Δ_2 qui correspond à la valeur ω de θ; je forme une combinaison isotrope des éléments ξ'', je

prends par exemple la combinaison $\xi_1'' + i\xi_2''$; si l'on désigne par U_2 et V_2 les valeurs de U_1 et V_1 pour ce déterminant, les fonctions

$$q = U_2(\zeta_1'' + i\xi_2''), \qquad r = V_2(\eta_1'' + i\eta_2'')$$

satisfont aux équations (5). Les formules (6) donnent ensuite

$$p_k = \frac{1}{\cos\omega}(Z_{k1} + iZ_{k2}), \qquad P_h = \frac{1}{\sin\omega}(Z_{h1} + iZ_{h2}) \qquad \begin{pmatrix} k = 1, 2 \\ h = 1, 2, 3 \end{pmatrix}.$$

Avec ces valeurs de p_k, P_h, q, r, je forme les réseaux A, B, C. D'après les formules (9), on aura

$$(13) \qquad \begin{cases} 0 = h\cos^2\omega + h_1\sin^2\omega, \\ 0 = l\cos^2\omega + l_1\sin^2\omega, \\ 0 = \rho^2\cos^2\omega + \rho_1^2\sin^2\omega. \end{cases}$$

Il en résulte que h_1, h_2 ne diffèrent de h que par un facteur constant; même conclusion pour l_1, l_2 et l, et pour ρ_1^2, ρ_2^2 et ρ^2. Ici les réseaux A, B, C sont associés; de plus, ρ_1^2 et ρ_2^2 ne différant de ρ^2 que par un facteur constant, les inverses des réseaux A, B, C sont encore associés. On formera les nouveaux déterminants Δ, Δ_1, Δ_2 en appliquant la méthode du paragraphe 18 (*Déformation des quadriques*). Le nouveau déterminant Δ_2, qui correspond à $\theta = \omega$, s'obtient en appliquant la méthode du paragraphe 21.

Troisième transformation. — Dans la première transformation, au lieu de prendre pour χ une combinaison isotrope des Y, je prends une combinaison isotrope des X; les points A_1, B_1, C_1 décrivent des réseaux associés situés dans des espaces d'ordre 3, 6, 7. Ici encore on peut former les déterminants qui correspondent à ces réseaux.

On voit que cette transformation diminue de deux unités l'ordre de l'espace de l'un des réseaux et augmente l'ordre de l'autre de deux unités.

Si l'un des deux réseaux donnés est situé dans un espace d'ordre pair, on pourra ramener le problème à la recherche d'un réseau associé à un réseau plan.

M. **Alfred Picard**, présentant à l'Académie un Ouvrage intitulé *Pour l'Aviation*, s'exprime en ces termes :

Le livre que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences est dû à M. le sénateur *d'Estournelles de Constant*, à M. *Painlevé*, membre de

l'Académie, et au commandant *Bouttieaux*, directeur de l'établissement central d'aérostation militaire de Chalais-Meudon.

Il constitue, en même temps qu'un recueil de données historiques et scientifiques d'un haut intérêt sur la conquête de l'air, un véritable acte de foi dans les destinées futures de l'aviation.

Ce livre débute par un hommage aux précurseurs, depuis les Montgolfier pour les ballons sphériques, le général Meusnier pour les ballons dirigeables, Léonard de Vinci pour le plus lourd que l'air.

Parmi les Chapitres dont se compose l'Ouvrage, le premier rang appartient à deux savantes conférences du commandant Bouttieaux et de M. Painlevé. Après avoir rappelé la conception du navire aérien, telle que la formula si lumineusement le général Meusnier, dès 1784, M. le commandant Bouttieaux montre Giffard, Dupuy de Lôme, les frères Tissandier, enfin les capitaines Renard et Krebs franchissant les étapes successives qui devaient conduire à la réalisation pratique du ballon dirigeable; il prévoit, d'ailleurs, le triomphe définitif du plus lourd que l'air. De son côté, M. Painlevé, en quelques pages d'une merveilleuse clarté, évoque le souvenir de Ponton d'Amécourt et de ses émules, initie le lecteur à la structure des aéroplanes, aux conditions de leur équilibre, à leur stabilisation, aux principes de leur manœuvre; selon lui, l'aéroplane supplantera le dirigeable qui approche du terme de ses progrès.

Suivent une série d'articles écrits par des spécialistes.

Tel un article de M. le capitaine Bois sur les cerfs-volants, au point de vue de la météorologie, de la photographie aérienne, de la télégraphie sans fil, du sauvetage des navires, des signaux, des observations militaires.

Un second article du même officier est particulièrement consacré aux applications des ballons et des cerfs-volants en Météorologie, pour l'étude des hautes régions de l'atmosphère. Il retrace les beaux travaux de M. Teisserenc de Bort à l'Observatoire de Trappes et les principaux résultats obtenus. Les limites de hauteur respectivement atteintes par les cerfs-volants et les ballons-sondes ont été de 7000^{m} et de plus de 20000^{m}.

M. le commandant Ferrié, traitant de l'aérostation dans ses rapports avec la télégraphie sans fil, indique les services qu'ont rendus les aérostats, d'abord comme instruments d'étude de la propagation des ondes hertziennes, puis comme stations radiotélégraphiques.

La photographie aérienne fournit un procédé admirable de lever topographique et de reconnaissance. M. le capitaine Sacouney donne à cet égard des explications précises. Il a fait lui-même, par ballonnet et cerf-volant,

un plan général de Casablanca et du camp qu'occcupait le général d'Amade.

M. le capitaine Ferber envisage l'aéroplane à la guerre pour les reconnaissances militaires. Dans un essor d'imagination, il esquisse par avance un tableau émouvant des combats que les aéroplanes se livreront entre eux et de leurs luttes contre les dirigeables.

Ces exemples suffisent à attester l'intérêt du livre.

En terminant, je ne puis résister au plaisir de signaler l'allure poétique des articles écrits par les aviateurs. Il semble bien que l'union, si souvent célébrée, de la science et de la poésie doive définitivement se sceller dans les régions sereines de l'atmosphère.

NOMINATIONS.

M. le **Président de la Ligue maritime française** invite l'Académie à se faire représenter à l'Assemblée générale annuelle de la Ligue maritime française qui aura lieu le 25 avril à la Sorbonne, sous la présidence de M. le Ministre de la Marine.

M. **d'Arsonval** est désigné pour représenter l'Académie à cette Assemblée.

CORRESPONDANCE.

M. **Julius Wiesner**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire d'*Anthropologie*, vacante au Muséum d'Histoire naturelle par le décès de M. *M. Hamy*.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et de Zoologie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant:

Pratique de la Chirurgie antiseptique, par M. J. Lucas-Championnière. (Présenté par M. Guyon.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration de certaines inéquations fonctionnelles.* Note (¹) de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Painlevé.

Nous dirons qu'intégrer l'inéquation fonctionnelle

$$\int_a^b \psi[u(x), u(\xi), x, \xi]\, d\xi > \varphi[x, u(x)], \tag{1}$$

où $u(x)$ est une fonction inconnue, c'est trouver une relation d'inégalité

$$\varphi[u(x), u(x'), x, x'] > 0, \qquad \text{pour} \qquad x < x', \tag{2}$$

nécessaire et suffisante pour qu'il existe au moins une fonction $V(\xi)$ satisfaisant à l'inéquation (3) et prenant pour les valeurs x et x' de la variable ξ les valeurs $u(x)$ et $u(x')$.

Il est essentiel de signaler que l'ensemble des valeurs tirées de (2) limitant $u(x')$, quand, x et $u(x)$ restant fixes, x' prend toutes les valeurs possibles, ne constitue pas, en général, une solution de (3), même transformée en égalité. A toute inéquation de la forme (3) est-il possible de faire correspondre une relation (4) l'*intégrant*, au sens que nous venons de donner à ce mot? L'objet de cette Note n'est pas de faire connaître, même dans ses lignes essentielles, la théorie générale des inéquations (3). Je veux seulement, en obtenant la relation (4) sur un exemple particulier, montrer comment il semble nécessaire, pour l'existence de la relation (4), de faire relativement aux sens de croissance, des hypothèses préliminaires sur ψ et φ, d'imposer des conditions à u, comment hypothèses et conditions concourent à l'existence de φ ou la rendent impossible suivant la façon dont leurs sens sont associés.

Soit l'inéquation

$$\int_x^\infty \psi[u(x), u(\xi), x, \xi]\, d\xi < \varphi[x, u(x)], \tag{3}$$

qui doit être vérifiée pour toutes les valeurs de x supérieures à x_0.

Supposons : 1° $\psi(\lambda, \mu, x, \xi)$ *croissant* selon λ, *décroissant* selon μ et x, avec $\psi(\lambda, \infty, x, \xi) = 0$; 2° $\varphi(\xi, \lambda)$ *décroissant* selon λ et *croissant* avec ξ, avec $\varphi(\xi, \infty) = 0$. Enfin, φ et ψ sont supposés positifs pour toutes les

(¹) Présentée dans la séance du 22 mars 1909.

valeurs de λ, μ, x, ξ et satisfaisant à une condition analogue à celle de Lipschitz.

Il est à remarquer que, moyennant ces hypothèses, l'inéquation (3) a ce caractère commun avec l'inégalité $u(x) < u(\xi)$ pour $x < \xi$, qu'il est impossible (préalablement à toute hypothèse sur la continuité ou la croissance de u) de faire croître indéfiniment $u(x)$ en laissant $u(\xi)$ constant, pour $\xi > x$, ou de faire décroître tous les $u(\xi)$ sans diminuer $u(x)$. Nous dirons que cette inéquation *est du type* $u(x) < u(\xi)$ pour $x < \xi$.

Si nous imposons maintenant à $u(x)$ la condition d'être *croissante*, c'est-à-dire la condition $u(x) < u(\xi)$ pour $x < \xi$, *nous pourrons intégrer l'inéquation* (3).

Soit x'_1 le nombre fonction de x' et de $u(x')$ défini (sans ambiguïté possible) par

$$(4) \qquad \int_{x'_1}^{x'} \psi[u(x'), u(x'), x'_1, \xi]\, d\xi = \varphi[x'_1, u(x')].$$

Soit $\mathrm{U}(x)$, qui dépend en réalité de x, x', $u(x')$, la fonction définie, pour $x < x'_1$, par

$$(5) \quad \int_{x}^{x'_1} \psi[\mathrm{U}(x), \mathrm{U}(\xi), x, \xi]\, d\xi + \int_{x'_1}^{x'} \psi[\mathrm{U}(x), u(x'), x, \xi]\, d\xi = \varphi[x, \mathrm{U}(x)].$$

Alors, si $x < x'_1$, l'inégalité intégrant (3) est $u(x) < \mathrm{U}(x)$.

Si $x'_1 < x < x'$, l'intégrale de (3) est simplement $u(x) < u(x')$.

Si à la condition $u(x) < u(\xi)$ pour $x < \xi$ on adjoint une inéquation analogue à (5), mais du type $u(x) > u(\xi)$ pour $x < \xi$, l'intégration ne paraît plus pouvoir se faire. On pourrait cependant tirer parti de la connaissance d'une telle inéquation, si elle s'ajoutait à une première du type $u(x) < u(\xi)$.

Plus généralement, on peut donner pour objet à l'intégration d'une inéquation fonctionnelle de chercher les relations d'inégalité nécessaires et suffisantes entre $u(x)$, $u(x')$, $u(x'')$, sachant que $x < x' < x''$, ...

Comme application simple de ce qui précède, on trouve que la condition $\sum_{m=n}^{\infty} u_m < knu_n$, imposée à une série à termes décroissants, s'intègre par

$$\frac{u_n}{u_{n'}} > \left[\frac{n'}{(1+k)n}\right]^{1+\frac{1}{k}}$$

pour $n < n'_1 = \frac{n'}{1+k}$, et seulement par $u_n > u_{n'}$ pour $n'_1 < n < n'$. Il résulte

de là que la condition nécessaire et suffisante pour qu'on ait $\sum_{m=n}^{\infty} u_n < hnu_n$, h étant indépendant de n (et u_n décroissant), est que pour $n < n'$ on ait

$$\frac{u_n}{u_{n'}} > h'\left(\frac{n'}{n}\right)^{1+\alpha},$$

h' et α étant indépendants de n et de n'. M. Boutroux avait remarqué que cette condition pour $h' = 1$ est suffisante. Elle exprime alors la décroissance de $u_n n^{1+\alpha}$.

Voici un problème relatif à la croissance des fonctions *entières* de genre infini et que la théorie précédente permet de résoudre. Supposons que pour un type de croissance du module r_n du $n^{\text{ième}}$ zéro, $r_n = \psi(n)$, on trouve que $\underset{|z|=r}{\text{Max.}} \log|F(z)| = \log M(r)$ est inférieur à une certaine fonction de n, $P(n)$, si $r_n \leqq r < r_{n+1}$, $F(z)$ étant le produit canonique formé avec ces zéros.

Posons-nous le problème de trouver les types de croissance de r_n pour lesquels $\log M(r) < h\,P(n)$, avec h fixe, supérieur à 1. Soit

$$\underset{|t|=u}{\text{Max.}} \log\left|(1-u)\,e^{u+\ldots+\frac{u^p}{p}}\right| = \varphi_p(u).$$

Il faudra d'abord qu'on ait

$$\sum_{m=n+1}^{\infty} \varphi_{p_m}\left(\frac{r_{n+1}}{r_m}\right) < h\,P(n).$$

Comme $\varphi_p(u)$ est une fonction croissante de u, si cette inéquation est vérifiée pour $r_n = \psi(n)$, elle le sera encore si

$$\frac{r_{n+1}}{r_{n'}} < \frac{\psi(n+1)}{\psi(n')}.$$

Mais cette inégalité, suffisante, n'est pas strictement nécessaire et, par suite, n'intègre pas l'inéquation posée.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de l'armille de Fourier.* Note (¹) de M. Henri Larose, présentée par M. C. Jordan.

Soit une armille de longueur $2l$, à l'état neutre au temps $t = 0$; à partir de $t = 0$, nous maintenons en $x = 0$ une rupture : $+\frac{1}{2}$ pour $x = +0$, $-\frac{1}{2}$

(¹) Présentée dans la séance du 5 avril 1909.

pour $x = -0$; nous supposons qu'il n'y a pas de perte par rayonnement extérieur; l'équation du mouvement de la chaleur dans l'armille sera

$$(a) \qquad k\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} - \frac{\partial\varphi}{\partial t} = 0;$$

l'état permanent (pour $t = \infty$), résultant de la rupture, est la fonction impaire de $v = \frac{x}{2l}$, de période 1,

$$-P_1(v) = \frac{1}{2} - v \qquad (0 < v < 1),$$

et, d'après (a), l'état variable sera la fonction impaire de v de période 1, $\mathfrak{S}_3^{(1)}$, en posant

$$-\mathfrak{S}_3^{(1)} = P_1 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{h^{\nu^2}\sin 2\nu v\pi}{\nu\pi}, \qquad h = e^{-\pi^2\frac{t}{\theta}}, \qquad \theta = \frac{l^2}{k}.$$

Le flux de chaleur correspondant à la température $\mathfrak{S}_3^{(1)}$ sera

$$-\frac{k}{2l}\frac{\partial}{\partial v}\mathfrak{S}_3^{(1)} = \frac{k}{2l}\mathfrak{S}_3,$$

$\mathfrak{S}_3$ étant une des fonctions thêta de Jacobi.

A partir de $\mathfrak{S}_3^{(1)}$ construisons, par intégration, une suite ascendante de fonctions : solutions de (a), nulles pour $t = 0$, quel que soit v, chacune étant la dérivée de la suivante par rapport à v; nous aurons

$$\begin{aligned}\mathfrak{S}_3^{(2n)} &= P_{2n} + \ldots + \frac{P_{2n-2p}}{p!}\left(\frac{\log_e\frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^p + \ldots + \frac{P_0}{n!}\left(\frac{\log_e\frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^n + (-1)^n 2\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{h^{\nu^2}\cos 2\nu v\pi}{(2\pi\nu)^{2n}}\\ &= \frac{P_0}{n!}\left(\frac{\log_e\frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^n + (-1)^n 2\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{\cos 2\nu v\pi}{(2\pi\nu)^{2n}}\left[h^{\nu^2} - \sum_{p=0}^{n-1}(-1)^p\frac{(2\pi\nu)^{2p}}{p!}\left(\frac{\log_e\frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^p\right],\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}-\mathfrak{S}_3^{(2n+1)} &= P_{2n+1} + \ldots + \frac{P_{2n+1-2p}}{p!}\left(\frac{\log_e\frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^p + \ldots + \frac{P_1}{n!}\left(\frac{\log_e\frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^n + (-1)^n 2\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{h^{\nu^2}\sin 2\nu v\pi}{(2\pi\nu)^{2n+1}}\\ &= \frac{P_1}{n!}\left(\frac{\log_e\frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^n + (-1)^n 2\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{\sin 2\nu v\pi}{(2\pi\nu)^{2n+1}}\left[h^{\nu^2} - \sum_{p=0}^{n-1}(-1)^p\frac{(2\pi\nu)^{2p}}{p!}\left(\frac{\log_e\frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^p\right];\end{aligned}$$

avec

$$P_0 = 1, \qquad P_{2n} = (-1)^{n+1} 2 \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{\cos 2\nu v \pi}{(2\pi\nu)^{2n}}, \qquad P_{2n+1} = (-1)^{n+1} 2 \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{\sin 2\nu v \pi}{(2\pi\nu)^{2n+1}}.$$

Les fonctions $P(v)$ périodiques, de période 1, de même parité que leur indice, coïncident, v restant dans l'intervalle $(0, 1)$, avec les polynomes en v du développement [1]

$$\frac{e^{vz}}{e^z - 1} = \frac{1}{z} + \sum_{\nu=0}^{\infty} P_{\nu+1}(v) z^\nu.$$

On peut appeler les P fonctions de Bernoulli, et, si $\mathfrak{B}_p$ désigne le $p^{\text{ième}}$ polynome de Bernoulli, B_p le $p^{\text{ième}}$ nombre de Bernoulli, on aura

$$\mathfrak{B}_{2n} = \frac{P_{2n}}{(2n)!} + (-1)^n B_n, \qquad \mathfrak{B}_{2n+1} = \frac{P_{2n+1}}{(2n+1)!}.$$

Si la longueur de l'armille croît indéfiniment, la valeur asymptotique de $\mathfrak{S}_3^{(1)}$ sera $\frac{1}{2}\mathcal{E}\frac{x}{2\sqrt{kt}}$, celle de $(2l)^n \mathfrak{S}_3^{(n+1)}$ sera la fonction $g_n(x, kt)$ d'une précédente Note [2]. On emploiera la méthode connue pour passer de l'armille au fil indéfini [3], en partant soit de la première, soit de la seconde expression de $\mathfrak{S}_3^{(n+1)}$; avec la première, on fera au préalable passer sous le signe $\sum$ les termes des P contenant les nombres de Bernoulli; on retombera ainsi, à la limite, sur l'une ou l'autre des expressions données pour g_n.

On a

$$\mathfrak{S}_3^{(2n+1)}(+0) = \frac{1}{2}\frac{1}{n!}\left(\frac{t}{4\theta}\right)^n,$$

et à une rupture en $v = 0$, à partir de $t = 0$, fonction holomorphe de t, soit

$$\sum \frac{a_n}{n!}\left(\frac{t}{4\theta}\right)^n,$$

correspondra, pour l'armille, la solution $\sum a_n \mathfrak{S}_3^{(2n+1)}$ et le flux k sera proportionnel à $\sum a_n \mathfrak{S}_3^{(2n)}$.

---

(1) *Voir* LINDELÖF, *Le calcul des résidus*, chap. II.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 22 mars 1909.

(3) *Voir* POINCARÉ, *Propagation de la chaleur*, chap. VI.

PHYSIQUE. — *Action du courant continu sur les chaînes symétriques de dissolutions aqueuses d'électrolytes n'ayant pas d'ions communs.* Note de M. **M. Chanoz**, présentée par M. d'Arsonval.

I. J'ai montré (¹) que le phénomène électrique engendré par le courant continu dans une chaîne aqueuse symétrique

$$\mathrm{MR} \underset{(1)}{|} \mathrm{M'R'} \underset{(2)}{|} \mathrm{MR}$$

d'électrolytes ayant *un ion commun* résulte d'une simple variation de la concentration de M′R′ aux contacts [1] et [2] : M′R′ paraît entraîné dans le sens du courant si les deux électrolytes ont l'anion commun, en sens contraire si le cathion est le même.

II. Quand les électrolytes au contact n'ont *pas d'ions communs,* la dissymétrie créée dans la chaîne par le courant continu est plus complexe. Indépendamment d'une modification de la concentration *globale* des ions aux contacts [1] et [2], il y a production de réactions chimiques qu'on peut prévoir en général.

En effet, on conçoit que, si la chaîne symétrique MR | M′R′ | MR est traversée de gauche à droite de l'observateur par le courant continu, les cathions M, M′ qui descendent le courant pourront, à la limite des solutions MR, M′R′, entrer en relation avec les anions R′, R qui remontent ce courant. La chaîne symétrique initiale ainsi perturbée donnera la chaîne nouvelle *dissymétrique*

$$\mathrm{MR} \underset{(a)}{|} \mathrm{MR'} \underset{(b)}{|} \mathrm{M'R'} \underset{(c)}{|} \mathrm{M'R} \underset{(d)}{|} \mathrm{MR}$$

comprenant cinq chaînons au lieu de trois.

III. En choisissant convenablement MR et M′R′ on peut mettre en évidence l'existence de certains composés chimiques produits et les caractériser : *a*, par l'apparition ou la disparition de colorations; *b*, par la formation de précipités.

C'est ainsi, par exemple, qu'en opposant HCl 5N à MnO^4K ou $CrO^4K^2 \frac{N}{100}$, on voit la solution se décolorer au contact [2] et se teinter très vivement en [1] par l'acide correspondant néoformé. En opposant HCl ou NaCl ou AzO^3K, etc., à SO^4Cu, le contact [1] se décolore, tandis qu'une couleur bleu foncé s'accumule en [2], couleur qui

(¹) M. Chanoz, *Comptes rendus,* 8 mars 1909.

dans les deux premiers exemples est accompagnée du côté de MR d'une teinte jaune verdâtre [1], etc.

L'opposition de HCl ou NaCl à AzO^3Ag montre le précipité AgCl croissant du côté [2]. Avec NaOH et SO^4Cu le précipité bleu augmente en [2], etc.

IV. La recherche des modifications électriques opposées dans la chaîne liquide [2] indique quelques particularités intéressantes [3].

α. Dans le cas d'électrolytes MR, M'R' ayant un ion commun, les valeurs $(V_1 - V_0)$, $(V_2 - V_0)$, si elles différaient en valeur absolue, étaient de signes contraires, puisqu'elles dépendaient seulement de variations inverses de concentration de M'R'. Quand il s'agit d'électrolytes n'ayant pas d'ions communs, il n'en est pas nécessairement ainsi, car chacun des termes V_1, V_2 est la somme de deux facteurs en quelque sorte indépendants

$$V_1 = (a) + (b), \qquad V_2 = (c) + (d).$$

Aussi on rencontre des couples tels que

$$\mathrm{NaCl} \mid \mathrm{Fe^2Cy^6K^4} \frac{N}{100}$$

pour lesquels $(V_1 - V_0)$ a le signe de $(V_2 - V_0)$.

β. De plus, si l'on considère $(V_2 - V_0)$, par exemple, on conçoit bien que le nouveau chaînon créé M'R croissant en concentration sous l'action plus durable du courant continu, la somme $V_2 = (c) + (d)$ puisse varier de telle façon que l'expression $(V_2 - V_0)$ passe par la valeur zéro et change de signe. C'est ce que l'on constate précisément avec les couples suivants :

$$\mathrm{AzO^3K} \mid \mathrm{NaOH} \frac{N}{100}; \qquad \mathrm{KCl} \mid \mathrm{NaOH} \frac{N}{100}; \qquad \mathrm{NaCl} \mid \mathrm{KOH} \frac{N}{100}.$$

---

(1) Si M'R' est coloré et MR incolore, on voit très fréquemment (qu'il y ait ou non un ion commun aux deux électrolytes) persister un anneau coloré *du côté qui se décolore*. En inversant le sens du courant continu après le temps *t*, l'anneau habituel de concentration apparaît au-dessus de ce premier anneau et à une distance de lui d'autant plus faible que *t* est plus petit. Cet anneau résulte du mélange à MR d'une certaine dose de M'R' dans la zone de transition séparant les deux électrolytes purs.

(2) M. Chanoz, *Comptes rendus*, 4 janvier 1909.

(3) En général, le phénomène électrique créé diminue dans le temps après la suppression du courant générateur. Il n'en est pas toujours ainsi : en opposant NaCl à SO^4H^2 ou $PO^4H^3 \frac{N}{100}$, etc., on trouve au contraire que la variation de potentiel, avant de décroître, *augmente* pendant un certain temps. Cette *évolution* du phénomène électrique demande une étude spéciale.

$(V_2 - V_0)$, d'abord négatif pour les deux premiers couples, positif pour le troisième, devient positif pour les premiers, négatif pour le dernier après quelques minutes de passage du courant utilisé, prenant alors le signe de l'expression $(V_1 - V_0)$ correspondante qui n'a, pendant ce temps, cessé de croître.

V. Si l'on introduit avec précautions en [1] ou [2] de la chaîne symétrique MR | M'R' | MR soit de l'eau distillée, soit M'R plus ou moins concentré, soit encore MR' de diverses concentrations, on peut, en notant les phénomènes électriques apparus dans ces conditions et en les comparant aux résultats obtenus directement par l'action du courant continu, on peut vérifier les hypothèses faites sur la nature de la dissymétrie engendrée par l'action du courant continu sur une chaîne d'électrolytes sans ions communs.

Mes essais, qui ont porté sur les couples suivants :

HCl et divers sels de Na, de K, de Ni; et SO^4Cu; et SO^4Co; et SO^4Mg; et CdI^2;

AzO^3K et NaOH; et NaI; et $CaCl^2$; et SO^4Cu;

KCl et NaOH;

NaCl et KOH; et divers acides; et SO^4Cu; et SO^4Mg; et $Fe^2Cy^6K^3$; et $Fe^2Cy^6K^4$;

NaOH et $Fe^2Cy^6K^3$; et $Fe^2Cy^6K^4$,

m'ont prouvé que tout se passe comme si les conditions envisagées ci-dessus étaient réalisées.

Nota. — Il faut cependant remarquer que dans certains cas d'apparition de précipités ($HCl + AzO^3Ag$ par exemple) il n'y a plus parallélisme entre les résultats donnés par les mesures électrométriques directes comme en IV et les renseignements fournis par l'organisation de chaînes dissymétriques comme en V. Peut-être faut-il rechercher l'explication des différences trouvées dans l'intervention de phénomènes thermiques notables liés aux réactions chimiques produites dans ces circonstances et dans l'action du diaphragme constitué parfois par le corps solide déposé.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des gaz dégagés par l'action des sels cuivriques sur les aciers.* Note [1] de M. E. **Goutal**, présentée par M. A. Carnot.

L'étude que j'ai faite, il y a quelques années, en collaboration avec M. Ad. Carnot, de l'action exercée par les solutions de chlorure double

---

[1] Présentée dans la séance du 5 avril 1909.

de cuivre et de potassium sur les fontes et les aciers nous avait conduits à préciser les conditions d'attaque par ce réactif pour le dosage du carbone, du soufre, du phosphore, du chrome, du tungstène et du titane dans les produits sidérurgiques ([1]). Elle nous avait également permis de caractériser la présence dans les aciers de divers composés définis : carbures doubles, siliciures, phosphures, arséniures, etc. ([2]).

J'ai pensé récemment à compléter ce travail par la détermination des composés gazeux du carbone qui sont dégagés pendant l'attaque des aciers par le chlorure de cuivre et de potassium, détermination qui peut conduire à la connaissance des gaz retenus dans les produits sidérurgiques, et qui permet aussi de fixer d'une façon précise les pertes qui doivent résulter d'une attaque par le sel cuivrique, lorsque le dosage du carbone se fait sur le résidu insoluble.

Appareil. — Un courant d'azote, provenant de la distillation de l'air liquide, parcourt lentement un tube de porcelaine, porté au rouge, garni d'oxyde de cuivre et de cuivre purs; il traverse ensuite deux flacons laveurs contenant une dissolution d'hydrosulfite de sodium, une éprouvette à pied remplie de fragments de potasse caustique, et un laveur à eau de baryte.

Le courant d'azote ainsi purifié aboutit dans la partie supérieure d'une fiole conique d'environ 750$^{cm^3}$ placée au-dessus d'un brûleur à couronne, surmontée d'un serpentin réfrigérant à enveloppe d'eau et contenant 500$^{cm^3}$ d'une solution de chlorure double de cuivre et de potassium à 400^g par litre, et quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

Le courant gazeux parcourt ensuite un système formé : d'un flacon absorbeur à eau de baryte recueillant l'anhydride carbonique et susceptible d'être chauffé à la fin de l'opération; d'un flacon laveur à acide sulfurique saturé de brome, pour l'absorption des hydrocarbures non saturés; de deux éprouvettes à pied munies de fragments de potasse caustique, pour retenir les vapeurs de brome entraînées; d'un tube en U à ponce sulfurique desséchante; enfin d'un tube droit à acide iodique et coton de verre, d'une longueur de 30^{cm}, plongé dans un bain-marie chauffé à 75°, et muni d'un flacon absorbeur de forme spéciale, avec joint à l'émeri, contenant 15$^{cm^3}$ de chloroforme pur, surmontés d'une couche d'eau; ce dernier flacon a pour but de recueillir les vapeurs d'iode provenant de la réduction de l'acide iodique anhydre par l'oxyde de carbone (A. Gautier) et d'en permettre en conséquence le dosage volumétrique par une solution titrée d'hyposulfite de sodium ajoutée jusqu'à décoloration.

Mode opératoire. — Le courant d'azote étant maintenu très lent et la solution de chlorure cuivrique complètement purifiée, par ébullition, des gaz carbonés qu'elle pourrait contenir, on introduit 10^g de l'acier à étudier, en fins copeaux ou en limaille,

---

([1]) *Comptes rendus,* 12 juillet 1897.

([2]) *Comptes rendus,* 19 et 26 juillet 1897, 2 mai 1898, 23 janvier 1899, 9 juillet 1900.

dans la solution de chlorure double, et on laisse l'attaque se produire à température très modérée (45° environ) pendant 2 heures, en agitant souvent. Lorsque le cuivre, tout d'abord précipité, est entièrement dissous, on élève lentement la température jusqu'à l'ébullition, en activant le courant d'azote, pour obtenir le passage d'une bulle de gaz par seconde dans les flacons laveurs.

Après 1 heure, les flacons à eau de baryte et à chloroforme sont détachés et utilisés : le premier, pour la détermination pondérale de l'anhydride carbonique, retenu à l'état de carbonate, puis transformé en sulfate de baryum; le second, pour la détermination volumétrique de l'oxyde de carbone, opérée en dosant l'iode libre au moyen d'une solution étendue d'hyposulfite de sodium, ajoutée jusqu'à décoloration complète du chloroforme, après vive agitation.

Détermination du carbone total dégagé sous forme de composés gazeux. — On dispose, après la fiole contenant le chlorure cuivrique, un tube de verre de 40^{cm} de long, muni d'un fil de platine enroulé en double spirale autour d'un petit tube de porcelaine de 30^{cm} et placé dans l'axe du tube de verre, par un dispositif analogue à celui adopté par MM. Breteau et Leroux [1] pour l'analyse organique élémentaire. Le fil de platine, étant porté au rouge par un courant électrique, provoque la combustion des gaz carbonés mêlés à un courant d'oxygène pur arrivant par un tube latéral. L'anhydride carbonique est absorbé dans une solution de baryte et dosé sous forme de sulfate de baryum, comme il est dit ci-dessus.

Le résidu de carbone, recueilli et lavé en observant les précautions habituelles, peut d'ailleurs être brûlé à son tour dans le même tube par l'action combinée de l'oxygène pur et du platine porté au rouge (Leroux et Herzog), et l'on obtiendra ainsi d'une façon très précise le dosage du carbone total dans les produits sidérurgiques.

L'application à un même acier des deux méthodes ci-dessus permet la détermination : 1° du carbone résiduel (C_1); 2° du carbone dégagé sous forme de $CO^2(C_2)$; 3° du carbone dégagé sous forme de $CO(C_3)$; 4° enfin de celui dégagé sous forme de composés gazeux non encore définis.

Le Tableau suivant en donne trois exemples :

	C_1.	C_2.	C_3.	C_4.	C total.
Acier mi-dur......	0,2750	0,0057	0,0051	0,0009	0,2867
Acier dur.........	0,5960	0,0185	0,0059	0,0171	0,6375
Acier extra-dur....	1,3340	0,0216	0,0061	0,0158	1,3775

Ce Tableau montre que, lorsqu'on attaque des aciers par du chlorure de cuivre et de potassium très peu acide, à température modérée et dans un

(1) *Comptes rendus*, 16 septembre 1907.

courant d'azote, il se produit une perte de carbone sous forme de composés gazeux comprise entre 0,01 et 0,05 pour 100 (¹).

La perte est à peu près moitié moindre si l'on observe la précaution que nous avions déjà conseillée, M. Ad. Carnot et moi (²), d'effectuer l'analyse organique du résidu charbonneux, sans dessiccation préalable à l'étuve, mais après simple essorage à la trempe. En effet, l'anhydride carbonique reste alors tout entier condensé dans le carbone résiduel, du moins pour les aciers; c'est donc environ la moitié de la perte en carbone qu'on épargne ainsi (0,0057 à 0,0216).

Enfin, toute perte en carbone peut être entièrement évitée, si l'on prend soin de porter à l'ébullition la solution cuivrique provenant de l'attaque et de faire circuler les gaz qui se dégagent dans un tube de verre garni d'un fil de platine porté au rouge en présence d'un excès d'oxygène, et recueillant dans de l'eau de baryte, comme il est indiqué plus haut, l'anhydride carbonique formé.

CHIMIE GÉOLOGIQUE. — *Analyse quantitative des gaz occlus dans les laves des dernières éruptions de la montagne Pelée et du Vésuve.* Note de M. **Grossmann**, transmise par M. A. Lacroix.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les premiers résultats de l'étude que j'ai entreprise des gaz contenus dans les laves de l'éruption de la montagne Pelée, en 1902, et du Vésuve, en 1906, laves que je dois à la bienveillance de M. A. Lacroix.

Les roches, finement pulvérisées, ont été introduites dans un tube à combustion et chauffées après que le vide eut été fait dans l'appareil. L'anhydride carbonique a été absorbé par la potasse caustique, l'oxygène par le pyrogallate de potassium, l'oxyde de carbone par le chlorure cuivreux acide. L'hydrogène et le méthane ont été séparés par le passage du gaz sur de l'oxyde de cuivre chauffé au rouge; en brûlant, le méthane dégage un égal volume d'anhydride carbonique, qui a été absorbé par la potasse caustique. L'azote a été éliminé par le passage du gaz sur du lithium métallique, chauffé à une température inférieure au rouge sombre. Le reste des gaz a été soumis à

(¹) Cette perte diffère peu de celle observée par MM. Moore et Bain opérant sur deux aciers à 0,65 et 1,18 pour 100 de carbone avec une solution cuivrique à 7,5 pour 100 de HCl (*Journ. Soc. chim. ind.*, 1908, p. 845), et de celle que nous avions nous-mêmes déterminée avec des solutions cuivriques à 10 pour 100 de HCl (*Annales des Mines*, août 1898).

(²) *Comptes rendus*, 18 juillet 1897.

un examen spectroscopique et spectrographique. Des essais ont été faits, sans résultats, pour la recherche de l'éthylène, de l'acétylène, du propylène et du benzène. Les résultats suivants ont été ramenés à 0°, à la pression de 760mm et à 100 parties en volume.

	Montagne Pelée (1902).		Vésuve (1906).	
	Andésite du dôme.	Ponce du 9 juillet.	Lave de Boscotrecase.	Lapilli rejetés sur Ottajano.
Volume de gaz pour 100g de roche....	cm³ 8	cm³ 2,5	cm³ 66	cm³ 65
CO^2..............	82,09	78,01	24,6	58,1
O................	»	»	1,5	2,41
Az...............	5,42	6,61	9,2	17,6
H................	5,02	2,12	50,6	2,41
CO..............	7,46	11,11	11,1	17,2
CH^4..............	»	»	2,6	»
Reste............	»	2,12	1,5	1,4

Pour le reste, je me contenterai de signaler aujourd'hui des traces d'hélium dans la ponce de la montagne Pelée, de l'argon, dans la leucittéphrite de la coulée de Boscotrecase et l'absence de gaz rares dans les lapilli d'Ottajano.

On remarquera l'énorme différence de composition des gaz des divers produits (leucittéphrites) du Vésuve; cette différence semble moins étonnante, si l'on admet, avec M. Lacroix, que les lapilli, qui ont enseveli Ottajano, ne sont pas constitués par le magma épanché en avril 1906, mais représentent de vieux matériaux du volcan de composition différente.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Répartition de la présure dans les membres et tissus végétaux.* Note de M. C. **Gerber**, présentée par M. Guignard.

1° Membres. — Dans un travail antérieur (1) nous avons établi que, chez *Centaurea Scabiosa* et *Cynara Cardunculus*, si l'on considère comme égale à 1 l'activité présurante de la racine ou de la corolle sur le lait cru à 42°, celle des divers membres de la plante est représentée par les chiffres suivants :

Centaurea Scabiosa.

		Feuilles.		Capitules.			
Racines	Tiges.	Grosses nervures.	Parenchyme.	Bractées involucrales.	Soies. réceptaculaires.	Fleurs.	Jeunes akènes
1......	1,25	2,25	4,50	1,25	0,90	6,50	23

(1) C. Gerber, *Activité présurante des divers organes des Composées* (Congrès des Sociétés savantes, à Rennes, 1909).

Cynara Carduncululus.

Corolles et étamines.	Styles.	Akènes, 4 mois après leur récolte.
1	3	0,012

On voit que la présure se rencontre dans tous les membres de la plante, qu'il s'agisse de l'appareil végétatif ou de l'appareil reproducteur; mais c'est ce dernier qui en contient le plus.

a. Appareil végétatif. — Tandis que cette diastase abonde dans les membres contenant de la chlorophylle (feuilles), elle est en faible proportion dans ceux qui en sont privés (racines, soies réceptaculaires).

Dans les organes chlorophylliens, la quantité de présure est proportionnelle à la quantité de chlorophylle; c'est ainsi que le parenchyme chlorophyllien des feuilles est deux fois plus actif que les nervures qui contiennent moins de pigment, trois fois plus que la tige qui en contient encore moins, et quatre fois plus que les bractées involucrales qui en contiennent très peu.

b. Appareil reproducteur. — C'est le style qui présente la plus grande activité présurante; puis viennent les akènes jeunes, enfin la corolle et les étamines. L'activité présurante diminue, dans les akènes mûrs, avec le temps de conservation.

Des recherches semblables faites avec *Scolymus hispanicus, Centaurea polycephala, Centaurea calcitrapa,* nous ayant donné les mêmes résultats, nous avons généralisé nos déductions et avons fait ressortir les relations étroites qui existent entre les rôles : de synthèse du parenchyme chlorophyllien, conducteur du style, de mise en réserve des graines, et leur activité présurante. On voit toute l'importance de ces relations dans le cas probable où présures et ferments protéolytiques végétaux ne seraient qu'une seule et même diastase.

2° Tissus. — La présence de présure dans les membres dépourvus de chlorophylle tels que la racine, l'existence dans cette racine d'un tissu servant au transport des matières albuminoïdes et autres des organes de synthèse à ceux de réserve nous ont amené à rechercher si ce ne serait pas dans le liber que se trouverait localisée la présure des racines, et si le liber des organes chlorophylliens n'en contiendrait pas également.

Nous avons séparé, dans une racine et une tige de 3 ans de Mûrier de Chine (*Broussonetia papyrifera* L.) : le parenchyme cortical externe, le liber, le bois et la moelle; après avoir desséché ces tissus à l'étuve à 40° pendant 8 jours, nous les avons pulvérisés et mis à macérer, pendant 48 heures, dans quatre fois leur poids d'une solution à 5 pour 100 de chlorure de sodium, à basse température, en présence de quelques gouttes d'essence de moutarde. Le macéré, exprimé puis filtré, a été

ajouté à du lait cru sensibilisé par addition de 10 molécules-milligrammes de $CaCl^2$ par litre et maintenu à 55°. On opérait en série ; les doses de macéré mises dans 5^{cm^3} de lait étaient croissantes dans chaque série et l'on complétait à $0^{cm^3},09$ par addition de quantités convenables d'une solution pure au $\frac{1}{20}$ de chlorure de sodium.

Pour évaluer l'activité présurante des divers tissus de la racine et de la tige en fonction de celle du liber de la racine, on recherchait, parmi les divers temps de coagulation obtenus dans le cas d'un tissu et dans celui du liber, ceux qui étaient les plus rapprochés et l'on comparait les doses correspondantes de macérés.

Les résultats trouvés ont été les suivants :

Broussonetia papyrifera L. (15 mars 1909).

	Racine.			Tige.			
	Liber.	Écorce.	Bois.	Liber.	Écorce verte.	Bois.	Moelle.
Activité présurante...	1	0,30	0,00	0,80	0,95	0,00	0,00

On voit que le bois est complètement dépourvu de présure, ainsi que la moelle, aussi bien dans la racine què dans la tige. Cette diastase, très abondante dans le liber de la racine, l'est un peu moins dans le liber de la tige ; par contre, l'écorce externe est beaucoup plus active dans la tige que dans la racine. Il est bien probable que les traces de présure constatées dans l'écorce parenchymateuse de la racine doivent être attribuées à quelques éléments libériens détachés par le scalpel, en raclant cette racine.

Si, en effet, on opère non plus avec le *Broussonetia*, mais avec le Figuier dont l'écorce de la racine est plus facile à isoler du liber, on voit que cette écorce est inactive ; seul, le liber est présurant.

Ficus carica L. (18 mars 1909).

	Racine.			Tige.				
	Liber.	Écorce.	Bois.	Liber.	Écorce verte.	Bois externe.	Bois interne.	Moelle spongieuse.
Activité présurante...	1	0,00	0,00	3	2	0,00	0,25	0,00

Par contre, dans la tige, l'activité présurante n'est pas limitée à l'écorce verte et au liber ; le bois est également, bien que faiblement, présurant. On en trouve l'explication dans l'examen d'une section transversale de cette tige. Il nous révèle, en effet, la présence de la chlorophylle dans la partie

des rayons médullaires voisine de la moelle et dans le parenchyme qui tapisse la face interne des faisceaux libéro-ligneux. Aussi suffit-il de séparer cette région ligneuse périmédullaire du bois externe pour constater que seule la première est active, tandis que le second se comporte comme le bois du Mûrier de Chine. C'est ce que montre très nettement le Tableau ci-dessus représentant l'activité, à 55°, vis-à-vis du lait bouilli additionné de 10 molécules milligrammes de $CaCl^2$ par litre, des diverses parties d'une racine et d'une tige de 3 ans de *Ficus Carica* L. traité comme le *Broussonetia papyrifera* L. précédent.

La localisation des ferments présurants dans le liber de la tige et de la racine est très précieuse pour l'étude de ces diastases, dans le cas où l'abondance des produits pectiques et l'existence de la pectase dans les feuilles ne permet que difficilement l'obtention, dans de bonnes conditions, d'un suc présurant foliaire. Tel est le cas des *Morus* en particulier; et c'est en faisant macérer dans une solution de NaCl à 5 pour 100 le liber de la tige de ces plantes, qu'il nous a été possible d'aborder l'étude de la présure des Mûriers et d'achever ainsi celle de la famille des Artocarpées.

PHYSIOLOGIE. — *Du rôle hypotenseur de la choline dans l'organisme.* Note [1] de M. **Jean Gautrelet**, présentée par M. Yves Delage.

Les recherches de Desgrez et Chevalier (1902) ont montré que la choline injectée dans les veines d'un chien produisait un abaissement notable de la pression artérielle : ce que Löhmann a vérifié d'ailleurs récemment (1908).

Utilisant la réaction de Florence et provoquant la formation de chloroplatinates solubles dans l'eau, nous avons caractérisé cette substance dans nombre de glandes et de tissus [2] : pancréas, rate, ovaire, thyroïde, rein, testicule, hypophyse, glandes salivaires, moelle osseuse, muqueuses gastrique et intestinale. Nos recherches ont été faites chez le cheval, le mouton, le porc, le bœuf et le chien.

L'extrait alcoolique de ces divers tissus est hypotenseur, comme il résulte de nos propres expériences et des travaux des auteurs : Vincent et Sheen pour le pancréas, la rate, le foie, le rein et l'ovaire; Oliver et Schäfer pour la thyroïde, la rate et les glandes salivaires; Brown et Joseph pour la

---

(1) Présentée dans la séance du 5 avril 1909.

(2) *Comptes rendus Soc. Biol.*, t. LXV, 1908, p. 174, 176, 448.

moelle osseuse; Schäfer et Vincent, Sismonovicz, Howel pour l'hypophyse; Dixon pour le suc testiculaire; Vincent et Sheen, Roger et Josué pour la muqueuse intestinale, etc.

Nous avons montré que si l'on précipitait la choline des extraits alcooliques la renfermant, l'injection de ces derniers était alors sans effet sur la pression.

Enfin l'extrait alcoolique des organes précités neutralise l'action hypertensive de l'adrénaline, comme le fait la choline.

Le rôle de la choline nous semble donc capital dans l'organisme; elle répond à la définition de l'hormone telle que la conçoivent Bayliss et Starling. Nous considérons volontiers le système des glandes à choline (cholinogène) comme antagoniste du système des glandes à adrénaline (chromaffine); de la mise en jeu des deux systèmes dépend la régulation de la pression sanguine.

La présence commune de la choline dans un certain nombre de glandes explique aussi les synergies qu'ont observées les auteurs entre elles.

MÉDECINE. — *L'intradermo-réaction à la tuberculine dans le traitement de la tuberculose: Intradermo-tuberculinisation.* Note de M. **Charles Mantoux**, présentée par M. Ch. Bouchard.

L'emploi de la tuberculine dans le traitement de la tuberculose, préconisé d'abord par Koch, puis abandonné presque complètement, a été repris depuis quelques années par un grand nombre de médecins et a donné entre leurs mains des résultats très satisfaisants.

Mais cet emploi est des plus délicats : on n'a aucune règle précise pour déterminer les quantités de tuberculine à employer, quantités extrêmement variables suivant les cas et la période du traitement. En sorte qu'on se trouve pris entre ces deux alternatives : ou pousser les doses jusqu'à l'apparition des réactions d'alarme (fièvre, accélération du pouls, perte de poids, congestion du foyer lésionnel), réactions que tous les cliniciens s'accordent à considérer comme nuisibles; ou rester en dessous, peut-être très en dessous, des doses que le sujet est capable de supporter, et risquer de faire un traitement insuffisant.

Pour parer à ces incertitudes, on a proposé l'utilisation de l'index opsonique : ces recherches très intéressantes sont trop délicates pour passer dans la pratique.

L'intradermo-réaction à la tuberculine [1] nous fournit, ainsi que nous l'avions d'ailleurs fait prévoir [2], un moyen de doser d'une façon très précise le traitement tuberculinique.

Nous nous servons actuellement de la tuberculine C. L. du professeur Calmette; nous en injectons toujours une seule goutte, soit *un vingtième de centimètre cube* à la face antérieure de la cuisse, dans l'épaisseur du derme, suivant la technique habituelle. Il suffit d'employer des solutions de concentration convenable pour administrer, sous le même volume d'une goutte, les quantités voulues de tuberculine.

La réaction qui se produit au niveau de la piqûre donne la mesure de la sensibilité du sujet et permet de suivre son immunisation progressive.

Lorsqu'on injecte, en effet, chez un même sujet des solutions de plus en plus concentrées, les réactions obtenues sont de plus en plus fortes. Par contre, si l'on emploie à plusieurs reprises la même solution, les réactions deviennent de moins en moins accentuées et témoignent ainsi des progrès de l'immunisation. On peut alors passer en toute sécurité à une solution de concentration plus forte. Dans aucun cas on n'est exposé, comme avec l'injection sous-cutanée, à provoquer les réactions générales, toujours nuisibles; la réaction locale permet de les éviter et de donner à chaque malade, pendant tout le temps du traitement, la dose qu'il est capable de supporter.

Voici, à titre d'exemple, les doses et les réactions d'un de nos malades. Les doses sont exprimées en millièmes de milligramme; la grandeur de la réaction est représentée par son diamètre maximum, mesurée au moment où elle est à son acmé, c'est-à-dire au deuxième ou au troisième jour :

	Quantités de tuberculine (en millièmes de milligramme).	Intensité de la réaction (en millimètres).
19 décembre	0,5	6
8 janvier	1	10
17 janvier	2,5	35
27 janvier	2,5	10
5 février	4	20
16 février	4	15
1er mars	4	10

(1) *Comptes rendus,* 10 août et 14 septembre 1908.

(2) Congrès international de la Tuberculose, Washington, 1908.

On voit qu'une même dose de toxine, $\frac{4}{1000}$ de milligramme, a produit successivement des réactions décroissantes de 20^{mm}, 15^{mm}, 10^{mm} de diamètre; par contre, il a fallu des doses de $\frac{1}{1000}$, puis de $\frac{2,5}{1000}$, puis de $\frac{4}{1000}$ de milligramme pour obtenir une même réaction de 10^{mm} de diamètre à mesure que progressait l'immunisation.

Ces résultats traduits par un graphique sont plus frappants encore.

La méthode que nous proposons n'étant qu'un mode d'administration de la tuberculine, les indications et contre-indications de celle-ci restent entières. Nous pensons, cependant, en faciliter l'emploi par cette technique nouvelle qu'on peut nommer *intradermo-tuberculinisation*.

Conclusions. — On peut, dans le traitement de la tuberculose par la tuberculine, administrer celle-ci par voie intradermique. On provoque ainsi des réactions locales qui sont fonctions de la sensibilité propre du sujet, de la quantité de tuberculine injectée et, quand on pratique des injections successives, du degré d'immunisation déjà obtenu.

Ces réactions locales servent de guide pour la conduite du traitement et permettent d'éviter les réactions générales, toujours nuisibles.

Le traitement de la tuberculose par la tuberculine, lorsqu'il est indiqué, est rendu beaucoup plus sûr par cette *intradermo-tuberculinisation*.

MÉDECINE. — *Traitement des troubles génito-urinaires par action directe sur les centres nerveux.* Note [1] de M. **Pierre Bonnier**, présentée par M. Yves Delage.

Les centres qui règlent les fonctions urinaires et génitales sont situés à la partie inférieure du bulbe, et l'expérimentation clinique montre qu'on peut les libérer de certains déréglements par de légères cautérisations des régions antérieures de la muqueuse nasale.

J'ai ainsi systématiquement traité 32 cas de *dysménorrhée*. 25 femmes et jeunes filles ont vu disparaître les *douleurs cataméniales*. Dès le premier mois, 18 n'ont plus souffert, ou à peine; une fois les douleurs ont diminué de 2 jours à 6 heures; une fois, de 15 jours à 5 jours; une fois, de 4 jours à 5 heures; une fois elles ont augmenté, mais n'ont duré que quelques heures au lieu de 2 jours; deux fois elles ont diminué d'intensité, mais non de durée; chez ces 6 femmes, le second mois s'est passé sans douleurs et l'amélioration s'est maintenue depuis. Une seule n'a éprouvé aucun changement.

Chez 10 femmes souffrant de *migraines mensuelles* ou bimensuelles, une, entre autres, depuis 18 ans, les migraines ont disparu dès le premier mois.

---

(1) Présentée dans la séance du 5 avril 1909.

Deux femmes, qui avaient chaque mois des *crises vertigineuses*, n'en ont plus; 2 fois, les *crampes d'estomac* et *d'intestin* ont disparu; 3 fois, l'*acné* et l'*érythème* de la face ont disparu également sans reparaître depuis; 2 fois, le *prurit vulvaire;* 2 fois, la *leucorrhée* habituelle.

Des *avances* de 4 à 15 jours sont réglées à 27 ou 28 jours, les unes dès le premier, les autres dès le deuxième mois; une femme a passé dès le premier mois d'un *retard* de 45 jours à 28 jours exactement; une autre, âgée de 45 ans, et qui souffrait depuis un an de divers troubles de la ménopause, s'est trouvée subitement débarrassée de tout ennui. Une jeune fille de 18 ans, non réglée, mais souffrant chaque mois depuis 2 ans de céphalée et de coryza aigu, s'est réglée en même temps que ces troubles disparaissaient.

D'autre part, l'*incontinence d'urine* peut également se traiter de cette façon. Chez deux adultes, une jeune femme de 28 ans, et un homme de 33 ans, certains troubles épileptoïdes, entre autres l'incontinence urinaire diurne et nocturne chez la première, l'incontinence urinaire et fécale chez le second, pendant le sommeil, ont disparu en peu de temps chez la première, immédiatement chez le second.

Chez 5 enfants de 7 à 15 ans, l'incontinence urinaire diurne ou nocturne a disparu immédiatement chez l'un, en 15 jours chez deux autres, et s'est sensiblement espacée chez les derniers.

Enfin un jeune homme de 23 ans s'est vu débarrasser, en deux cautérisations, de crises quotidiennes de *pollutions nocturnes* qui duraient depuis 11 ans.

PHYSIOLOGIE. — *La séro-anaphylaxie du chien.* Note de M. **Maurice Arthus**, présentée par M. A. Dastre.

Lorsqu'on pratique, chez le lapin, à quelques jours d'intervalle une série d'injections sous-cutanées de sérum de cheval, on crée l'état anaphylactique dont l'une des manifestations les plus frappantes est la production d'accidents cutanés et sous-cutanés au point d'injection. Ce sont ces accidents qui m'ont révélé autrefois l'état séro-anaphylactique du lapin. Les accidents généraux de l'anaphylaxie, beaucoup plus délicats et sensibles, et les accidents cachectiques n'ont été découverts que plus tard et seulement quand j'eus pratiqué les injections intraveineuses de sérum chez les animaux préparés.

Or ces accidents cutanés, si nets chez le lapin, ne se rencontrent généralement pas chez les animaux d'autres espèces. Après avoir pratiqué chez le rat, chez le chien, chez le cobaye, chez le pigeon, une longue série d'injections de sérum, je n'observai aucun accident local, aucune réaction locale.

L'anaphylaxie est-elle donc une propriété du seul lapin, ou l'anaphylaxie se manifeste-t-elle par des symptômes propres à chaque espèce? Les travaux, publiés par Otto, par Rosenau et Anderson, par Besredka et autres, sur l'anaphylaxie sérique expérimentale du cobaye étaient en faveur de la généralité de la réaction anaphylactique.

J'entrepris l'étude de la question chez le chien; cette Note contient le résumé de mes premières observations.

Le chien, qui a reçu, à 7 jours d'intervalle, 8 injections sous-cutanées de 10^{cm^3} de sérum de cheval, ne présente pas la plus légère réaction au point d'inoculation, mais il présente des accidents à la suite de l'injection intraveineuses de 10^{cm^3} de sérum, et ces accidents sont essentiellement l'abaissement de la pression artérielle et l'incoagulabilité du sang.

La chute de la pression artérielle se produit très rapidement (presque toujours moins de 1 minute après l'injection); elle est généralement brusque et importante (elle tombe en effet le plus souvent à environ 3^{cm} à 4^{cm} de mercure). En même temps que se produit la chute de pression, les oscillations qui constituent l'élément variable de la pression s'atténuent considérablement.

Le sang recueilli dans un verre au moyen d'une canule placée dans l'artère, 15 à 20 minutes après l'injection, est généralement non spontanément coagulable, ou, pour parler plus exactement, ne coagule généralement que très imparfaitement (caillot mou et partiel) et avec une extrême lenteur (2 à 3 jours).

Exceptionnellement, des animaux ont présenté une réaction extrêmement faible au point de vue pression; dans ce cas, leur sang a été normalement coagulable (n°s 8 et 9 du Tableau suivant).

On ne peut pas ne pas rapprocher ces accidents de ceux qui se produisent après injection de protéoses dans les veines du chien normal : il y a chute de pression et incoagulabilité du sang (ce sont là choses depuis longtemps classiques). Les n°s 10 et 11, correspondant à des chiens ayant reçu en injection intraveineuse des protéoses à dose de 3^{dg} par kilogramme, ont été indiqués au Tableau comme termes de comparaison.

La similitude est complète : même précocité, même brusquerie, même importance de la chute de pression, même atténuation de l'élément variable, même incoagulabilité du sang.

On sait que le sang, dit *sang de peptone,* coagule en général spontanément, très imparfaitement d'ailleurs après 2 ou 3 jours, comme le fait le sang de nos animaux séro-anaphylactisés après injection intraveineuse de sérum.

On sait que le sang de peptone ou son plasma coagulent quand ils sont additionnés de 2^{vol} à 3^{vol} d'eau distillée, quand ils sont neutralisés, ou quand ils sont additionnés de sels calciques solubles. De même, le sang des chiens séro-anaphylactisés coagule par les mêmes agents, dans les mêmes conditions, avec les mêmes caractères du coagulum quand il est recueilli après l'injection intraveineuse de sérum.

Numéro d'expérience.	Nature de l'injection.	État du sang après l'injection.	Pression moyenne avant l'injection.	Élément variable de la pression avant l'injection.	Début de la chute de pression après l'injection.	Durée de la chute de pression.	Pression moyenne après l'injection.	Élément variable de la pression après l'injection.	Nombre des battements du cœur avant l'injection.	Nombre des battements du cœur après l'injection.
					sec	sec				
1...	10^{cm^3} sérum	incoagulation	9,0	4,0	»	»	3,5	1,4	65	65
2...	id.	id.	12,0	0,8	20	70	4,0	0,5	95	90
3...	id.	id.	13,0	0,5	80	85	3,0	0,05	120	120
4...	id.	id.	9,8	1,6	30	80	4,4	0,2	125	120
5...	id.	id.	12,0	1,6	30	70	7,6	0,5	115	125
6...	id.	id.	9,6	5,0	30	50	2,8	0,1	»	»
7...	id.	id.	13,8	2,4	35	80	3,2	0,2	120	120
8...	id.	coagulation	12,5	1,0	150	600	9,5	0,5	150	150
9...	id.	id.	10,8	1,0	30	150	9,3	0,8	»	»
10...	protéoses	incoagulation	12,0	0,6	20	70	2,5	0,2	85	85
11...	id.	id.	10,2	0,8	20	80	3,2	0,02	130	125

Notons incidemment que, dans les quelques expériences faites sur la séro-anaphylaxie du chien, il ne se produit pas d'accélération respiratoire (l'étude méthodique de la respiration n'est pas faite). Il ne s'en produit pas non plus dans l'intoxication protéosique.

Enfin, on a signalé des chiens qui réagissent peu, mal ou point à l'injection intraveineuse de protéoses, comme je signale ici deux chiens qui ont mal réagi à l'injection intraveineuse du sérum au point de vue pression et qui n'ont pas réagi au point de vue coagulation.

L'injection intraveineuse de protéoses produit des accidents qu'on peut appeler *accidents protéosiques* chez le chien. Les accidents sériques du chien séro-anaphylactisé étant identiques à eux, ne convient-il pas d'en faire une seule et même catégorie d'accidents et de les appeler *accidents de l'intoxication protéique?* En anaphylactisant les chiens, je les ai rendus sensibles à des protéiques pour lesquelles ils étaient naturellement insensibles. Entre

l'animal normal et l'animal anaphylactisé, il n'y a qu'une différence de sensibilité.

Les caractères de l'intoxication sont fonction de l'espèce animale considérée et non de la nature de la protéine injectée; la nature de la protéine n'intervient que dans l'intensité de l'intoxication.

Dans mes études sur la séro-anaphylaxie du lapin, mon attention ne s'était pas fixée sur la coagulabilité du sang. L'incoagulabilité du sang est-elle un des symptômes de la réaction anaphylactique chez le lapin comme chez le chien? La question est à l'étude. Qu'il suffise de dire actuellement, à titre d'indication, qu'on peut observer, chez le lapin séro-anaphylactisé, à la suite de l'injection intraveineuse de sérum, au moins un retard considérable de la coagulation du sang.

PHYSIOLOGIE. — *La séro-anaphylaxie du lapin*. Note de M. **Maurice Arthus**, présentée par M. A. Dastre.

Si l'on injecte sous la peau, dans le péritoine ou dans les veines du lapin, du sérum de cheval, on ne provoque aucun accident local ou général, immédiat ou éloigné. Mais si l'injection est faite chez un lapin ayant préalablement reçu à quelques jours d'intervalle plusieurs injections sous-cutanées, intrapéritonéales ou intraveineuses du même sérum, elle détermine des accidents locaux ou généraux, légers ou graves, immédiats ou éloignés, selon le lieu d'injection et le degré de préparation de l'animal. Injecté sous la peau des animaux préparés, le sérum produit des infiltrations, dégénérescences et gangrènes; injecté dans les veines, il détermine des troubles immédiats, circulatoires, respiratoires et intestinaux, se terminant quelquefois par la mort rapide, le plus souvent par une guérison apparente.

Les troubles circulatoires sont caractérisés par une chute généralement précoce et brusque de la pression artérielle qui passe de 10^{cm}-11^{cm} de mercure à 3^{cm}-4^{cm} et par une atténuation de ses oscillations respiratoires et cardiaques; les troubles respiratoires, par une accélération du rythme, pouvant devenir polypnéique; les troubles intestinaux, par l'évacuation de nombreux bols fécaux normaux. La mort peut terminer ces accidents quelques minutes après l'injection; sinon, l'animal semble se rétablir en quelques heures; mais il ne tarde pas à se cachectiser et finit par mourir après quelques semaines sans accidents aigus.

Des faits semblables s'observent avec d'autres liquides albumineux :

Le blanc d'œuf, le lait dégraissé, les solutions de gélatine ou de protéoses, etc., sont

absolument inoffensifs pour le lapin neuf. Ces liquides, injectés chez des lapins en ayant reçu plusieurs injections sous-cutanées espacées de quelques jours, produisent des accidents identiques, à l'intensité près, à ceux qu'on observe dans les mêmes conditions de préparation et d'injection chez les lapins à sérum. En employant les termes en usage, il y a une séro-, une ovo-, une lacto-, une gélatino-, une pepto-anaphylaxie.

Il se produit un précipité sous la peau ou dans les veines du lapin anaphylactisé, quand on pratique l'injection toxique, car le plasma des lapins préparés par plusieurs injections de substances albumineuses contient une précipitine pour ces substances. Ce précipité n'est pas la cause des accidents observés, locaux ou généraux, car ces accidents ne se produisent pas quand on injecte des précipités équivalents chez des animaux neufs, tandis que les accidents généraux, tout au moins, se produisent chez des animaux anaphylactisés quand on opère dans des conditions où le précipité ne se forme pas.

Les substances anaphylactisantes du sérum sont des protéines; elles ne perdent pas leurs propriétés anaphylactisantes par la chaleur. Le sérum engendre l'anaphylaxie, qu'il soit injecté sous la peau, dans le péritoine ou dans les veines; il ne l'engendre pas quand il est introduit dans l'estomac, l'intestin, le rectum. La dose de sérum nécessaire pour engendrer l'anaphylaxie est petite : on a observé des résultats très nets avee $0^{cm^3},1$. Une seule injection suffit pour produire l'anaphylaxie; toutefois, l'état anaphylactique est moins intense après une seule qu'après plusieurs injections pour une même dose totale du sérum injecté et pour un même temps écoulé depuis le début de la préparation. Le phénomène essentiel de la réaction anaphylactique est l'abaissement de la pression artérielle; l'accélération respiratoire, bien que signe très sensible, est moins précoce que la chute de pression; les lésions cutanées et la cachexie ne se manifestent que chez les lapins fortement anaphylactisés. On ne peut constater l'anaphylaxie qu'après une période d'incubation de 7 à 8 jours.

Les substances toxiques du sérum sont ses protéines. Le sérum perd ses propriétés toxiques quand il a été chauffé à 85° et au-dessus (même quand on l'a additionné de 3^{vol} d'eau pour l'empêcher de coaguler). Or, on peut anaphylactiser au moyen de sérum chauffé à 85° et au-dessus; donc une même substance peut, sous l'influence de la chaleur, perdre sa propriété toxique en conservant sa propriété anaphylactisante.

On observe des accidents généraux anaphylactiques à la suite de l'injection intraveineuse de doses de sérum ne dépassant pas $0^{cm^3},5$. On les observe à la suite de l'injection intraveineuse, intrapéritonéale ou même sous-cutanée de sérum, ces accidents différant toutefois d'intensité selon la voie d'introduction, la voie ntraveineuse étant la voie de choix; on ne les

observe pas à la suite de l'introduction du sérum dans l'estomac, dans l'intestin ou dans le rectum.

Les accidents généraux, circulatoires, respiratoires et intestinaux de l'anaphylaxie ne sont pas spécifiques; on les provoque par injection d'ovalbumine, de lait dégraissé, de gélatine, de protéoses, chez le lapin séro-anaphylactisé; on les provoque par injection de sérum de cheval, chez les lapins ovo-, lacto-, gélatino-, pepto-anaphylactisés. On peut anaphylactiser le lapin par injections répétées de glycocolle : ainsi préparé, il réagit à l'injection intraveineuse de sérum, sans réagir à l'injection intraveineuse de glycocolle, second exemple d'une substance anaphylactisante sans être et sans devenir toxique.

Étant donné un lapin normal, il est des substances protéiques qui sont toxiques pour lui; il en est d'autres qui sont inoffensives. En injectant à cet animal un liquide albumineux, on le sensibilise à l'action toxique de ce liquide naturellement inoffensif en particulier et des liquides albumineux naturellement inoffensifs en général. Notons qu'on peut parfois anaphylactiser par des liquides albumineux ou autres, auxquels l'animal ne devient pas sensible; notons encore que l'animal anaphylactisé n'est pas nécessairement sensible à toutes les liqueurs albumineuses (le lapin anaphylactisé par le sérum de cheval ne réagit pas à l'injection intraveineuse de sérum de canard) et que, s'il réagit, il ne réagit pas pour toutes avec la même intensité (le lapin anaphylactisé réagit mieux à l'injection de sérum de cheval qu'à celle d'ovalbumine, à l'injection de gélatine qu'à celle de protéoses).

L'anaphylaxie du lapin est l'état de sensibilité que présente cet animal à l'action toxique de protéines inoffensives pour l'animal neuf, état le plus généralement développé chez lui par l'injection de liqueurs albumineuses. Les accidents anaphylactiques sont les accidents de l'intoxication protéique.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques faits nouveaux de transgressivité et de tectonique observés dans les montagnes d'Algérie et de Tunisie.* Note (1) de M. J. **Roussel**.

Dans la plus grande partie de la Tunisie et dans la province de Constantine, il s'est produit, sur une vaste échelle, un phénomène qui a causé bien des déceptions.

---

(1) Reçue dans la séance du 29 mars 1909.

A diverses époques, dont la plus récente est celle du Pliocène, les eaux marines ou lacustres se sont montrées envahissantes de telle sorte qu'elles ont pu détruire les formations antérieures, et notamment celles de l'Éocène inférieur, pour en constituer leurs propres dépôts. Lorsque ce sont les calcaires à Nummulites qui ont été ainsi démantelés et transformés en brèches, les chercheurs expérimentés ont cru à un affleurement de l'Éocène et n'ont reconnu leur erreur qu'après de coûteuses recherches. A Sidi-Béhtoum, situé près de Kalaat-es-Snam (Tunisie), ces dépôts bréchoïdes contiennent des marnes et des calcaires formés d'*Ostrea* dont l'un n'est autre que cet *Ostrea* voisin du *crassissima* ou identique à ce fossile que M. Pervinquière cite a divers niveaux jusqu'à celui de l'Helvétien inclusivement.

Les montagnes d'Algérie et de Tunisie se présentent, le plus souvent, sous forme de vastes dômes à pente douce d'un côté et à pente raide de l'autre. Ces dômes sont hérissés de mamelons ou de chaînes très souvent isolés au milieu de plateaux où n'affleurent que le Pliocène et le Pléistocène. Primitivement ces dômes étaient découpés en chaînes continues et juxtaposées, formées de parties calcaires et de parties marneuses. Celles-ci ont été partiellement détruites par l'érosion pléistocène dont les dépôts ont pu tout niveler dans un pays encore privé de cours d'eau profondément encaissés. Les parties calcaires seules ont persisté et forment ces mamelons et ces chaînes de calcaire, restés debout pour attester l'ancien état des choses.

Les chaînes de montagnes sont formées d'anneaux qui se font suite, dont chacun a son individualité propre et est disposé sous la forme d'un anticlinal qui ne forme pas la continuation du précédent. Dans une de nos publications [1] j'ai fait connaître la cause du phénomène. L'allure de la transgressivité et de la régressivité dans ces plis successifs montre jusqu'à l'évidence qu'ils sont tous en place, qu'ils sont enracinés, et l'*opinion qui voudrait que les montagnes de Tunisie et d'Algérie fussent superficielles, fussent des montagnes de charriage, n'est pas confirmée par l'observation.*

La conclusion précédente ne veut point dire qu'en Algérie et en Tunisie il n'existe pas de recouvrements; car j'en ai observé moi-même plusieurs. L'un d'eux est à Sidi-Béhtoum, dont j'ai parlé plus haut. Là, on observe plusieurs de ces plis imbriqués dont j'ai donné la théorie dans le *Tableau stratigraphique des Pyrénées* déjà cité. A Sidi-Béhtoum les couches de ces plis ont éprouvé des glissements tels qu'elles ont chevauché les unes sur les autres, de telle sorte qu'un même puits vertical coupe, par exemple,

(1) *Tableau stratigraphique des Pyrénées*, p. 78.

deux fois la même assise de marnes, deux fois la même assise de calcaire à Nummulites, etc. Ce n'est qu'après que ces phénomènes de glissement et de recouvrement ont été connus que les travaux de recherche ont pu aboutir au phosphate; et ces travaux ont confirmé les théories que j'ai formulées sur place à Sidi-Béhtoum et que j'avais déjà exposées, à la page 69 et suivantes, dans l'opuscule déjà cité.

Les glissements ont joué dans les montagnes de Tunisie et d'Algérie un rôle capital : *ce sont eux qui sont l'origine de ces beaux filons-couche de calamine, de blende, de galène, d'oxyde de fer, etc., qu'on retrouve dans la plupart des montagnes de ces deux colonies.*

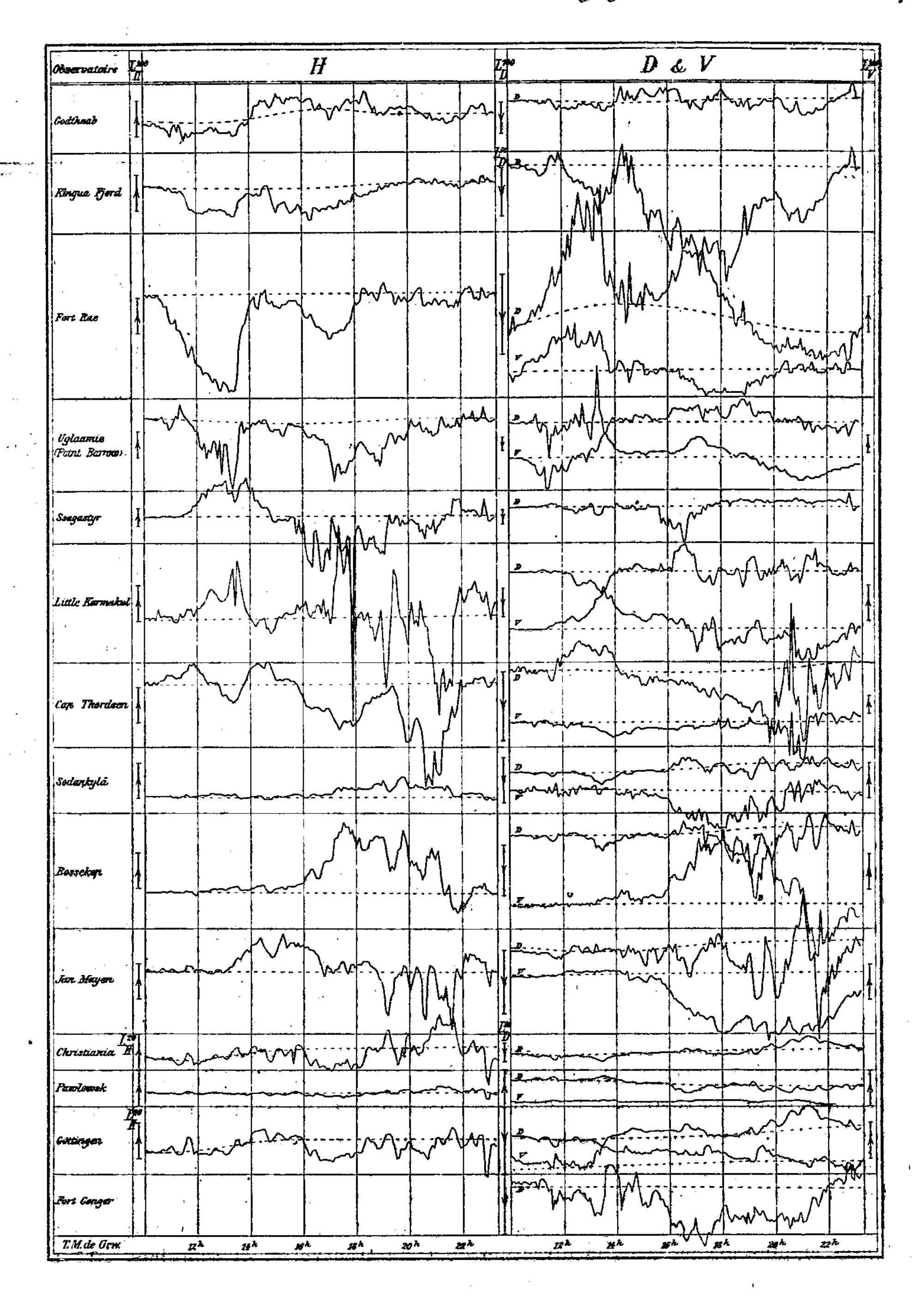
PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les orages magnétiques polaires en* 1882-1883. Note de M. **Birkeland**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans la première partie de mon Ouvrage : *The Norvegian Aurora Polaris Expedition* 1902-1903 (¹), je suis arrivé à une très simple conception de l'apparition et du développement des perturbations magnétiques au courant de la journée. Mais, parmi les 25 stations dont je pouvais utiliser les observations, il n'y avait que 4 stations polaires. En conséquence, afin de pouvoir contrôler les résultats que j'avais obtenus, je me suis servi, dans la seconde partie qui est en préparation, d'un certain nombre d'observations magnétiques provenant des stations polaires internationales en 1882-1883. J'ai étudié en détail huit orages magnétiques parfaitement développés qui se sont produits aux jours termes pendant la période indiquée. Les forces perturbatrices sont calculées pour de nombreuses époques, et les résultats en sont graphiquement exposés dans 69 Cartes polaires correspondant à 120 époques.

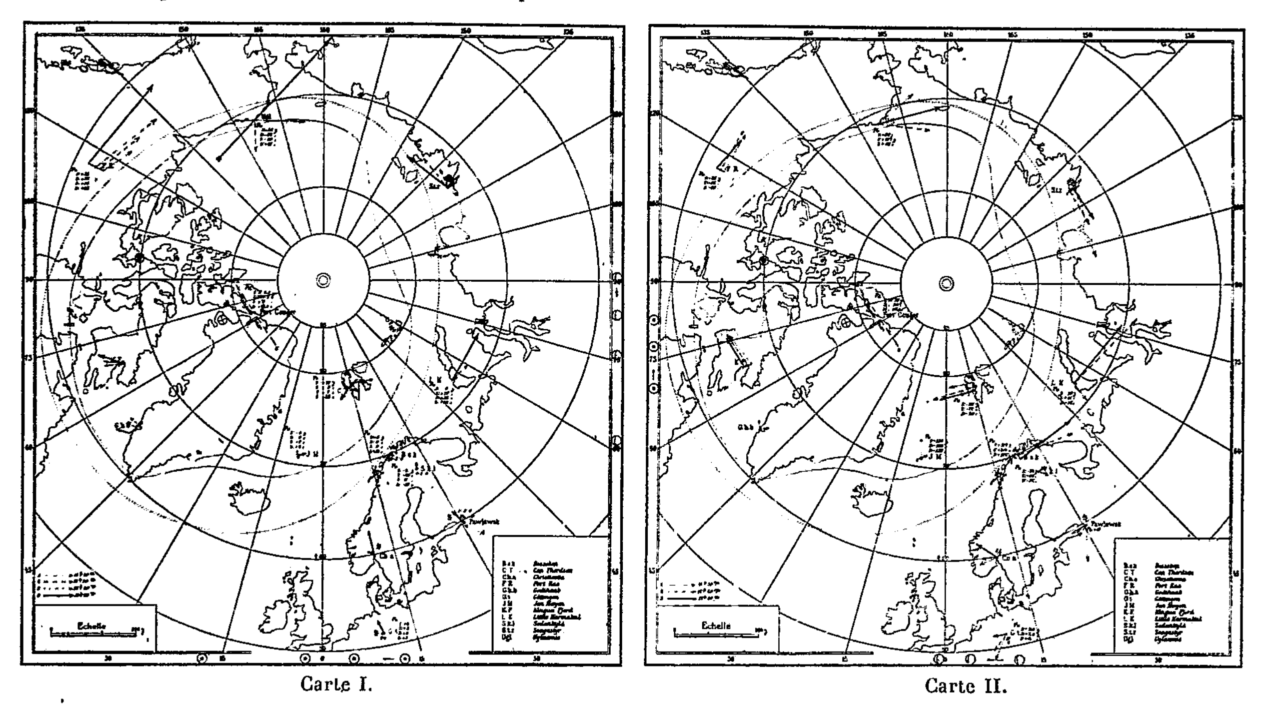
Je vais très brièvement indiquer, à titre d'exemple, les traits principaux du premier de ces huit orages, celui du 15 janvier. On verra par cet exemple, comme par toutes ces perturbations, que les systèmes de précipitations apparaissent et se meuvent tout à fait comme je l'ai montré précédemment.

Sur la Carte I, aussi bien que sur la planche, on aperçoit distinctement de 10^h à 14^h, temps moyen de Greenwich, un grand système de précipitations négatif sur

(¹) Voir mes Notes, *Comptes rendus* des 21 septembre 1908 et 4 janvier 1909.


Observatoire
H
D & V
Godthaab
Kingua Fjord
Fort Rae
Uglaamie
(Point Barrow)
Little Karmakul
Cap Thordsen
Sodankylä
Bossekop
Jan Mayen
Christiania
Pawlowsk
Göttingen
Fort Conger
T.M. de Grw.
12h
14h
16h
18h
20h
22h

l'espace Fort Rae-Uglaamie, en même temps qu'on voit, sur l'espace Little Karmakul-Ssagastyr, les effets d'un système positif de précipitations. La Carte montre (⊙ indique le méridien de midi) que le premier système est situé du côté de nuit et que l'autre se trouve du côté d'après midi.



Carte I. Carte II.

La Carte II montre les conditions de perturbation vers 17^h. Ssagastyr se trouve placé du côté de nuit du globe, où agit alors le système négatif de précipitations. Le système positif, suivant le Soleil, s'est avancé vers l'Ouest et nous observons maintenant ses effets sur les stations qui sont situées du côté d'après midi et un peu au sud de la ceinture d'aurore boréale : Bossekop et Little Karmakul. Cette dernière station doit être ici considérée comme une station frontière entre les deux systèmes de précipitations. Comme on le voit en effet sur la planche, c'est tantôt l'un, tantôt l'autre système qui produit les plus grands effets. Plus près de l'axe magnétique, comme au cap Thordsen et à Kingua Fjord, nous avons des orages polaires négatifs.

A Jan Mayen, le système négatif au Nord et le système positif au Sud se neutralisent horizontalement, de sorte que la flèche de courant est très petite, mais ils agissent ensemble dans la composante verticale, ce qui nous donne ici de grandes forces perturbatrices (voir la planche et la Carte II).

Les précipitations positives du côté d'après midi pénètrent, en général, plus profondément vers la Terre que les perturbations négatives du côté de nuit; elles sont moins intenses et plus locales dans la direction de l'axe transversal et semblent être plus intimement en rapport avec les aurores boréales.

D'après ma théorie, les précipitations de l'hémisphère nord et celles de l'hémisphère sud devraient avoir à peu près la même intensité aux époques où la direction géométrique du Soleil est verticale sur l'axe magnétique de la Terre. Les matériaux présents ne permettent malheureusement pas de vérifier cette conclusion, les stations antarctiques en 1882-1883 s'étant trouvées situées trop loin de la ceinture d'aurore australe. Si celle-ci forme à peu près un petit anneau circulaire autour du point d'intersection de l'axe magnétique avec l'hémisphère sud et qu'elle possède les mêmes rayons sphériques que la ceinture d'aurore boréale, les conditions des deux stations de la Géorgie méridionale et du cap Horn correspondraient à peu près à celles de l'Italie septentrionale.

M. **Albert Nodon** adresse une Note intitulée : *Relation entre l'action solaire et la charge électrique terrestre.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **Georges Denigès** adresse une Note intitulée : *Le méthylglyoxal, réactif général de coloration en chimie analytique.*

La séance est levée à 4 heures un quart.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 15 mars 1909.)

Note de MM. *Brissemoret* et *Chevalier*, Contribution à l'étude des hypnoanesthésiques.

Page 731, ligne 17, *au lieu de* sont monovalents, *lisez* sont *seuls* monovalents.
Page 732, ligne 5 en remontant, *au lieu de* pour 100, *lisez* pour 1000.

(Séance du 22 mars 1909.)

Note de MM. *A. de la Baume-Pluvinel* et *F. Baldet*, Sur le spectre de la comète 1908 *c* (Morehouse).

Page 762, ligne 1, *au lieu de* à ces condensations, *lisez* à des condensations.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 AVRIL 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MM. les **Astronomes** venus à Paris, pour prendre part aux travaux du *Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel,* sont présents à la séance.

M. le **Président** leur souhaite la bienvenue au nom de l'Académie, qui s'est intéressée si vivement dès l'origine à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome XXXIII (2e série) des *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences* est en distribution au Secrétariat.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Reconnaissance des couches supérieures du calcium et de l'hydrogène dans l'atmosphère solaire et des mêmes filaments noirs dans les deux couches.* Note de MM. **H. Deslandres** et **L. d'Azambuja.**

Nous avons obtenu l'année dernière les premières images de la couche supérieure du calcium dans l'atmosphère solaire (1). Cette couche correspond à la raie noire fine K_3 qui a pu être isolée seule avec un grand spectrohéliographe et bien séparée des raies voisines K_2 et K_1 qui représentent les couches moyenne et basse de la même vapeur. Jusqu'alors les nombreux

(1) Voir *Comptes rendus,* t. CXLVII, p. 334, et aussi même Tome, p. 467 et 1016.

spectrohéliographes, employés journellement avec les raies H ou K du calcium, ne parvenaient à isoler que l'ensemble des composantes K_2 et K_3, auxquelles s'ajoutait parfois une petite portion de la troisième composante K_1; dans ces conditions l'image, appelée image K_{23}, était complexe, et l'on pouvait la considérer comme représentant surtout la couche moyenne K_2, en général plus brillante que la couche K_3.

Avec le grand appareil de Meudon, il a été possible d'avoir l'image de la couche K_3 et aussi celle de la couche K_2, bien pures et débarrassées de toute lumière étrangère. Le résultat est intéressant surtout pour la couche K_3 qui est nouvelle et représente, semble-t-il, la couche gazeuse la plus élevée de l'atmosphère solaire; puisque la raie K_3 correspondante est, au bord solaire, plus haute que toutes les autres et même que la raie rouge H_α de l'hydrogène. L'image K_3 se distingue nettement des couches K_2 et K_1; en particulier elle est caractérisée par ce que nous avons appelé des *filaments*, c'est-à-dire par des lignes noires, souvent très noires et très longues, qui se détachent sur le fond brillant, d'autant plus frappantes que les taches noires de la surface font défaut ou sont invisibles.

D'autre part Hale, aussi l'année dernière, avec des plaques nouvelles sensibles au rouge, a réalisé au mont Wilson l'image monochromatique de l'hydrogène par l'isolement de la raie H_α [1]; jusqu'alors, les autres raies du même gaz, auquel Hale s'attache depuis 1903, avaient seules donné un résultat avec le spectrohéliographe. Les images de la raie rouge sont magnifiques, très riches en détails, et c'est sur elles que leur auteur reconnaît un mouvement tourbillonnaire autour des taches [2]. Elles sont présentées par lui d'ailleurs comme représentant la couche supérieure de l'atmosphère; mais

---

(1) *Astrophysical Journal*, t. XXVIII, p. 100.

(2) En présentant ses belles images de H_α, Hale remarque que les images du calcium ont été incapables de déceler des courants définis dans l'atmosphère solaire. Cette assertion est, à notre avis, exagérée. Si l'on obtient l'image de K_{23} avec une seconde fente très large, comme au mont Wilson, les petites différences des parties s'effacent; mais, avec une seconde fente, fine, des directions nettes de matières apparaissent, et à l'appui nous pourrions citer de nombreux exemples tirés de notre collection. Avec les images K_3, les lignes de courants sont encore plus nettes; en particulier, les rayons ou spires noires qui décèlent le tourbillon et son sens dans l'image H_α se retrouvent dans l'image K_3; cependant l'image H_α, dans l'ensemble, donne plus nettement l'impression d'un tourbillon. Des remarques analogues ont été faites déjà par Philip Fox (*Astrophysical Journal*, t. XXVIII, p. 257).

Parfois aussi, le sens du tourbillon est douteux, la tache offrant des spires de directions opposées. On a alors l'impression d'un liquide en mouvement désordonné, plutôt que l'impression d'un tourbillon proprement dit.

les preuves à l'appui de cette assertion n'ont pas la netteté signalée plus haut pour la raie K_3 du calcium; car la raie rouge n'a pas, comme les raies H et K du calcium, trois composantes renversées bien distinctes. Au premier abord, il est vrai, elle a l'aspect d'une raie noire simple, mais, comme l'a annoncé Rowland, elle est faiblement double et renversée, sa largeur atteignant $0^A,96$ et $1^A,24$ avec la partie dégradée. Or, l'appareil du mont Wilson, d'après les épreuves envoyées à Paris, isole la raie entière large de 0,9 angström; ou même la seconde fente a une largeur encore plus grande.

Nous nous sommes proposé de comparer les images de K_3 et de H_α, et avec le grand spectrohéliographe de Meudon, à prismes ou à réseau, décrit dans une Note précédente (voir même Tome, p. 968), le but principal étant la reconnaissance des filaments noirs qui s'annoncent comme ayant une grande importance.

Nous avons employé pour la raie K_3 la disposition à trois prismes et à deux fentes. L'image finale, avec une chambre de 3^m, a un diamètre de 82^{mm}, et la pose nécessaire varie de 10 à 20 minutes, la raie K_3 étant contenue tout entière dans la seconde fente.

Avec la raie rouge α, le spectrohéliographe à réseau, qui se substitue très vite au précédent, a été adopté; le spectre de premier ordre, seul utilisé, a une dispersion encore assez grande et la seconde fente isole seulement le tiers ou le quart de la raie rouge et en son centre. Le diamètre de l'image et la pose sont à peu près les mêmes que pour la raie précédente.

Depuis le commencement de l'année, toutes les fois que le temps l'a permis, on a fait ainsi une épreuve avec chacune des deux raies à des intervalles aussi rapprochés que possible.

Or, d'une manière générale, lorsque le centre de la raie est bien isolé, les filaments bien nets et noirs de K_3 se retrouvent dans H_α et inversement, à part quelques différences dans la longueur, la largeur et l'intensité. Ce résultat montre une fois de plus leur grande importance, que l'un de nous a présentée comme égale à celle des taches.

Quant aux lignes moins apparentes appelées par nous *alignements* et qui constituent une sorte de réseau, jusqu'à présent nous ne les avons bien reconnues que dans les images K_3; mais peut-être la netteté et la grandeur de nos images H_α ne sont pas suffisantes.

Quelques filaments ont été, comme on sait, signalés brièvement et accidentellement par Hale dans les images H_{23} et dans les images de l'hydrogène; de notre côté, nous avons indiqué les plus intéressants qui apparaissent sur les épreuves K_{23} de notre collection commencée en 1893. Mais ces objets singuliers, qui appartiennent aux couches supérieures de

l'atmosphère, ne se montrent complets et bien nets que sur les images K_3. Hale les a appelés *longs flocculi noirs du calcium;* or ils se distinguent à tous égards des autres flocculi, et il convient de leur donner un nom spécial, tel que *filament,* le choix définitif devant être arrêté, après discussion, dans un congrès international.

Lorsque le filament est mince et long, le nom est certes excellent; mais parfois le filament est large, d'une largeur comparable à sa longueur, comme par exemple le 5 avril dernier, dans le quadrant Nord-Ouest; on a là une plage plutôt qu'un fil. Cependant, sur une de nos épreuves de ce jour faites avec une longue pose, la plage apparaît formée par un fil noir replié plusieurs fois sur lui-même. Le fait est curieux et, s'il est général, si toutes les plages noires ont la même constitution, il n'y a aucune objection au mot *filament* que nous avons adopté provisoirement.

Hale appelle aussi *flocculi noirs* les plages faculaires qui, souvent avec l'hydrogène, sont noires par rapport au fond, comme il l'a annoncé en 1903, alors qu'elles sont, comme on sait, toujours brillantes avec le calcium ; d'où un premier désaccord net avec les filaments qui sont noirs sur toutes les images. Il y a encore d'autres différences.

Les épreuves de l'hydrogène à Meudon ont cette particularité qu'elles sont obtenues avec un appareil puissant qui permet d'isoler successivement les différentes parties de la raie. Le spectrohéliographe de Meudon a une dispersion au moins deux fois plus grande que celui du mont Wilson, et la seconde fente, d'abord en nickel, a été remplacée par une fente qui est tracée sur une lame de verre argentée, et qui, étant sans épaisseur, isole mieux. Or, en fait, les images sont différentes lorsqu'on isole le milieu de la raie, les moitiés rouge et violette, et les bords brillants qui les enserrent. Les filaments noirs ne se montrent complets et nets que sur l'image du centre de la raie, et les plages faculaires noires n'apparaissent bien que sur les autres images obtenues avec les bords de la raie. Si, de plus, avec un spectro-enregistreur dit *des vitesses,* on photographie la raie entière et ses alentours, on reconnaît que la raie noire, sur tout le disque, a des largeurs variables pour des points voisins et parfois dans le rapport de 2 à 3 ([1]). Il en résulte un trouble particulier des images, inhérent au spectrohéliographe,

([1]) Les bords brillants de la raie noire, de chaque côté, et surtout du côté rouge, paraissent plus brillants que le spectre continu voisin, et semblent correspondre aux deux composantes brillantes de H_α dans la chromosphère extérieure au bord solaire. Ces bords brillants sont peut-être à rapprocher des deux composantes brillantes K_{2r} et K_{2v} de la raie K_2. Cette étude devra être reprise avec des appareils très dispersifs.

qui ne peut, avec une fente de largeur constante, isoler complètement une raie noire de largeur variable.

En résumé, les images de l'hydrogène obtenues jusqu'ici, fort intéressantes d'ailleurs, étaient le mélange d'images différentes et représentaient, comme l'image K_{23} du calcium, le mélange de couches différentes. Si l'on veut avoir la couche supérieure seule, il faut isoler seulement le centre même de la raie noire. Alors apparaissent les filaments noirs de la couche K_3, avec, en plus, quelques lignes et plages brillantes qui correspondent aux arêtes et aux points particulièrement brillants dans les plages faculaires brillantes de K_3.

Les filaments noirs, qui se retrouvent les mêmes avec l'hydrogène et le calcium, sont le caractère principal des couches supérieures dans l'atmosphère du Soleil.

PHYSIQUE. — *Lenteur de la transformation spontanée de la variété instable aux basses températures de certains corps dimorphes.* Note de M. D. GERNEZ.

Les corps simples ou composés susceptibles d'affecter des formes différentes peuvent être, le plus souvent, amenés de l'une à l'autre par des variations de température. Telle forme stable aux basses températures se transforme en l'autre aux températures élevées et reprend, par refroidissement, sa forme initiale. Il arrive quelquefois que la transformation se produit subitement dès que le corps atteint une température déterminée et que le changement inverse se produit lorsque le refroidissement fait repasser le corps par cette température, qu'on appelle *point normal de transformation.* Cet effet se produit toujours, si le corps à transformer est mis en contact à cette température avec une parcelle cristalline de la forme différente. A défaut de cette influence, il arrive assez souvent que la forme stable à basse température persiste à des températures supérieures au point normal de transformation : c'est le phénomène de la *surchauffe cristalline,* que présente le soufre orthorhombique qu'on peut faire naître et persister au delà de 97°,6, point normal de transformation de cette forme en prisme clinorhombique. D'autre part, lorsqu'on abaisse la température du corps au-dessous du point normal de transformation, il peut arriver qu'il conserve sa forme aux températures où l'autre forme est stable : c'est le phénomène de la *surfusion cristalline,* que présente le soufre clinorhombique refroidi au-

dessous de 97°,6 et qui peut persister longtemps aux basses températures.

Les observations que j'ai eu l'occasion de faire m'ont permis de constater qu'il est des corps pour lesquels la surfusion cristalline persiste, en l'absence de la forme stable, pendant des mois et même pendant un certain nombre d'années. Je vais indiquer, comme exemples, les cas de l'iodure mercurique et de l'iodure thalleux.

Iodure mercurique. — Ce corps peut affecter deux formes cristallines : il est quadratique et rouge aux températures inférieures à 126° et peut être transformé aux températures supérieures en cristaux orthorhombiques jaunes. Quelle que soit la variété rouge ou jaune qu'on vaporise, j'ai démontré antérieurement ([1]) que les vapeurs recueillies sur un corps chauffé, soit au-dessus, soit au-dessous de 126°, seront toujours de la forme jaune, instable au-dessous du point de transformation. Je me suis servi, à cet effet, d'une sorte de tube vertical *chaud et froid*. Les cristaux d'iodure mercurique placés au fond du tube étaient chauffés par un bain extérieur. Les vapeurs qu'ils émettaient dans le milieu vide d'air étaient recueillies sur l'extérieur d'un tube placé dans l'axe de l'appareil et au fond duquel on amenait le liquide froid qui s'y renouvelait d'une manière continue.

1° *Expériences faites en chauffant le bain ambiant à une température supérieure à* 126°. — Le bain extérieur étant à 152°, les cristaux d'iodure rouge sont devenus jaunes et ont émis des vapeurs qui se sont condensées sur le tube froid, à l'intérieur duquel circulait d'une manière continue un courant d'eau qui sortait à 20°. Après 20 minutes de chauffe, le tube froid était couvert de cristaux jaunes. On a cessé de chauffer en laissant passer le courant d'eau froide jusqu'au retour du bain ambiant à la température ordinaire.

Au bout de quelque temps, il s'est produit dans la région inférieure du tube des cristaux rouges, provenant de la transformation des jaunes, qui s'est propagée aux endroits où la couche était continue. Près de 10 ans plus tard, le 14 avril 1909, il restait sur diverses parties de l'appareil des plages de quelques centimètres carrés, d'un jaune un peu orangé. En les examinant à la loupe, on les trouve constituées par des amas circulaires pour la plupart d'un jaune plus pâle au milieu que sur les bords, et l'on remarque, au centre, un tout petit cristal rouge qui s'est formé aux dépens des jaunes environnants, dont la vapeur est venue se condenser à sa surface, et qui, se trouvant isolé, ne propage pas la transformation. C'est la présence de tous ces petits points rouges qui communique à l'ensemble la couleur orangée que l'on observe. C'est aussi l'isolement de ces cristaux rouges, qui par leur mode de formation ne sont plus au contact des jaunes, qui explique la lenteur de la transformation, laquelle serait plus

([1]) *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 1516, et t. CXIX, p. 1899; *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XX, p. 384, 1900.

rapide s'il y avait eu, aux basses températures (de 12° à 25°) auxquelles l'appareil a été soumis pendant dix années, continuité entre les cristaux rouges et les cristaux jaunes en lesquels ils se transformaient.

2° *Expériences dans lesquelles le bain ambiant était chauffé à des températures inférieures à 126°, point normal de transformation.*

a. Expérience faite le 6 mars 1899; le tube réfrigérant était en verre. La température du bain extérieur a été maintenue pendant 4 heures vers 54°; le tube réfrigérant était traversé par un courant d'eau à 5°. On a maintenu le courant d'eau froide jusqu'au refroidissement de l'appareil.

Le tube réfrigérant s'est couvert de petits mamelons jaunes parmi lesquels on ne distingua pas, après plusieurs jours, de cristaux rouges. Le 12 juin suivant, on vit poindre quelques cristaux rouges qui rendaient orangée la région où ils s'étaient produits. 10 ans plus tard, le 14 avril 1909, j'ai trouvé une couche de cristaux rouges à l'extrémité inférieure du tube, surmontée d'une couronne *encore jaune,* comme je l'ai constaté en ouvrant le tube, où le vide s'était maintenu depuis le commencement de l'expérience.

b. Expérience faite le 4 mars 1899 : le tube réfrigérant était en verre. Pour éviter l'entraînement de poussières cristallines provenant des cristaux d'iodure mercurique rouge, qui pouvaient s'en détacher pendant que je faisais le vide dans l'appareil, j'ai couvert la couche d'iodure de 4 rondelles superposées de toile de platine à mailles très serrées. Le bain a été chauffé à 98° pendant 7 heures, le courant d'eau qui circulait dans le tube réfrigérant était à 15°. Dès le début une couche jaune uniforme s'étendit sur la surface extérieure du tube refroidi et peu à peu le dépôt jaune de son extrémité se transforma en aiguilles d'un jaune pur qui en hérissait la surface. Les jours suivants quelques-uns des cristaux jaunes se transformèrent en rouges, en commençant par la pointe. Cette transformation fut observée le 24 mars et le 22 décembre 1899; elle s'effectuait avec une extrême lenteur. Le 2 décembre 1902, elle continuait et des pointes rouges visibles à la loupe communiquaient aux régions plus élevées une teinte orangée sur une hauteur de 10^{mm}. Le 14 avril 1909, la hauteur du dépôt non transformé était encore de 4^{mm}. Les cristaux jaunes qui en forment la majeure partie ont donc persisté pendant plus de 10 années, aux températures qui n'ont varié qu'entre 14° et 25°, malgré le voisinage des cristaux rouges, sans se transformer.

c. Expérience faite le 3 mars 1899 : en vue d'obtenir une réfrigération plus rapide de la surface extérieure du tube, j'avais cru nécessaire d'employer un tube mince de platine. La température du bain fut maintenue à 100° pendant 3 heures et demie : le courant d'eau qui traversait le tube de platine en sortait à 13°; il fut maintenu jusqu'au refroidissement complet de l'appareil. Toute la partie inférieure du tube se recouvrit d'une couche jaune sur une longueur de 20^{mm}. Les jours suivants quelques points rouges apparurent, à la partie inférieure du tube, qui augmentèrent lentement de manière à envahir le 22 décembre 1899 quelques millimètres, et le phénomène continua avec le même caractère, de sorte que le 14 avril 1909 il restait une région de 5^{mm} dont la couleur est orangée et où l'on distinguait à la loupe une multitude de cristaux jaunes entourant des petits cristaux rouges.

3° *Expériences faites sur des cristaux provenant de l'évaporation de dissolutions*

à des températures inférieures au point normal de transformation. — J'ai démontré [1] que les cristaux d'iodure mercurique obtenus comme résidu de l'évaporation des solutions dans les liquides les plus variés d'iodure mercurique rouge, à toute température inférieure à celle de la transformation, sont des cristaux jaunes instables à la température où on les a produits. Pour cela, entre autres procédés, je préparais des solutions faites avec des dissolvants variés à des températures diverses, toujours inférieures à 126°, et je les versais dans des verres de montre que j'exposais aux vapeurs de liquides en ébullition, eau, alcool, éther, benzène, etc. L'évaporation du dissolvant abandonne des cristaux qui sont toujours jaunes. Si elle est très rapide, les cristaux obtenus peuvent être séparés les uns des autres et se conservent jaunes pendant très longtemps. Il suffit, pour cela, de préserver les verres de montre des poussières du laboratoire en les abritant sous des cloches.

J'ai conservé les verres de montre dans lesquels j'avais, en février 1903, préparé des cristaux jaunes par évaporation, à une température inférieure à 100°, des solutions d'iodure rouge dans l'acide iodhydrique, les alcools éthylique et butylique, l'oxyde d'éthyle, les aldéhydes méthylique et éthylique, l'acide propionique, le diiodométhane, le bromoforme, le bromure d'amyle, le toluène, la phénylhydrazine, la picoline et la quinoléine. Examinés le 25 mars suivant, les cristaux jaunes n'étaient pas transformés. Un nouvel examen, fait le 14 mars 1905, montra qu'il y avait encore sur ces verres un grand nombre de cristaux jaunes, et, le 14 avril 1909, j'ai constaté qu'il en restait encore à transformer, malgré le voisinage des cristaux rouges qui s'étaient formés aux dépens des autres.

Iodure thalleux. — Ce corps a, comme l'iodure mercurique, deux formes interchangeables [2] donnant lieu aux mêmes particularités, l'une jaune aux basses températures, l'autre rouge et cubique aux températures élevées. Elle présente aussi la surchauffe cristalline et la surfusion cristalline. Sa température normale de transformation est 168°. J'ai déjà signalé la lenteur avec laquelle les cristaux rouges instables au-dessous de 168° se transforment en iodure jaune, en constatant que des cristaux rouges, préparés le 8 janvier 1902, ne s'étaient pas encore transformés en iodure jaune le 17 février 1904, bien qu'ils aient séjourné sans discontinuer dans un milieu entre les températures de 14° à 25° où la forme jaune est stable. Je vais indiquer des observations plus concluantes encore.

1° Un tube de verre chaud et froid, identique à ceux qui m'ont servi pour les expériences sur l'iodure mercurique et contenant de l'iodure thalleux, a été chauffé, le 30 mars 1900, dans un bain de chlorure de zinc à 300° pendant 1 heure; le tube froid était traversé par un courant d'eau à 15°, il s'est recouvert de cristaux rouges, instables à cette température. Le 18 février 1908 un grand nombre de ces cristaux avaient échappé à la transformation et, le 14 avril 1909, plus de 9 ans après leur préparation, la moitié de la surface initiale était encore couverte de cristaux rouges.

2° Un tube fermé à un bout a été chauffé le 4 juillet 1904 jusqu'à émettre des vapeurs

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1322.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1695, et CXXXIX, p. 278; 1904.

qui se sont condensées sur les parois du tube en cristaux rouges; il avait une apparence à peine différente le 14 avril 1909.

3° Une lame de verre couverte d'iodure jaune a été chauffée jusqu'à transformation d'une partie en iodure rouge le 28 décembre 1904; le 14 avril 1909, la région rouge de 6^{cm} de longueur n'avait pas diminué de 2^{mm}.

Dans toutes ces expériences, la température ambiante n'avait varié qu'entre 14° et 25°. Elles mettent en évidence le mécanisme et la lenteur extrême de la transformation spontanée de l'iodure jaune de mercure et de l'iodure thalleux rouge aux basses températures où ils sont instables.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Le « sens de la direction » chez les abeilles.* Note de M. GASTON BONNIER.

On sait, depuis bien longtemps, qu'à une certaine distance de sa ruche, qui peut atteindre jusqu'à 3^{km}, une abeille butineuse, ayant achevé sa récolte, retourne directement à son habitation.

D'éminents apiculteurs, tels que Langstroth (1), attribuent ce retour vers la ruche à la perfection des yeux composés des abeilles qui leur permettrait de reconnaître les objets à une très grande distance. D'autres auteurs supposent que les abeilles, en retournant à leur habitation, reconnaissent par la vue les objets qu'elles ont remarqués en s'en allant, et retrouvent ainsi leur chemin. D'autres auteurs ont pensé qu'en allant au loin, ou en retournant à la ruche, les abeilles sont guidées par un odorat très puissant dont le siège réside dans les antennes: « Tous les apiculteurs, dit Dadant (2), ont reconnu que les abeilles, dans leur vol, sont guidées par l'odeur du nectar des fleurs, même quand celles-ci sont à 1^{km} ou 2^{km} de distance. »

Des expériences variées, que j'ai faites ou répétées récemment, prouvent d'une manière très claire que ce n'est ni la vue ni l'odeur qui permettent aux abeilles de franchir directement une distance, ayant pour maximum ordinaire $2^{km},5$, soit pour se rendre à un endroit déterminé, soit pour retourner à leur demeure.

Je parlerai d'abord de la vue :

J'ai répété, en la variant de diverses façons, l'expérience que font les Peaux-Rouges lorsqu'ils veulent chercher dans une forêt l'endroit où se trouve une ruche naturelle afin d'aller y prendre du miel. On sait qu'ils recueillent quelques abeilles qui visitent

(1) LANGSTROTH, *L'Abeille et la ruche*, trad. Dadant, 3e édition, 1908, page 8.

(2) *Ibid.*, page 20.

des fleurs, les prennent dans leur main, puis leur donnent brusquement la liberté en notant la direction dans laquelle les abeilles se dirigent; ils vont ensuite un peu plus loin et recommencent la même opération très simple : à la jonction des deux directions, ils trouvent la ruche dont étaient sorties les abeilles.

Cette expérience ne résout pas la question; elle fait voir simplement que les abeilles, troublées dans leur travail par une cause quelconque, retournent à leur ruche si on les laisse s'envoler.

Mais on peut refaire cette expérience de la manière suivante : je recueille un certain nombre d'abeilles à la récolte dans une région étendue où je sais qu'il n'y a qu'un seul rucher. Je place ces abeilles dans une boîte fermée d'où je pourrai les laisser sortir une à une, à volonté. Je me déplace et je me transporte à une grande distance, tout en restant dans un cercle ayant pour centre le rucher et un rayon de 2^{km}.

Arrivé à un endroit quelconque, je rends la liberté à une première abeille; je note la direction qu'elle a prise et je marque l'endroit d'où je l'ai laissée partir. Je vais un peu plus loin, et j'ouvre de nouveau la boîte en permettant à une seconde abeille de prendre son vol. La position du rucher se trouve à la rencontre des deux directions que les abeilles ont prises en s'envolant.

Or, dans un cas comme dans l'autre, les abeilles étaient enfermées dans la boîte pendant leur transport, et ont été rendues libres à des endroits éloignés de celui où elles butinaient sur les fleurs; elles n'ont donc pu reconnaître leur trajet par la vue des objets qu'elles auraient remarqués en venant de leur ruche; et, même en admettant que leurs yeux soient d'un presbytisme perfectionné, elles ne peuvent apercevoir leur rucher à travers les rideaux d'arbres, les bois ou même les coteaux qui les en séparent.

On peut recommencer une semblable expérience, en passant, avec un pinceau, une couche de collodion noirci sur les deux gros yeux composés des abeilles, et même, pour plus de prudence, sur leurs trois petits yeux simples; les butineuses, ainsi rendues aveugles, se rendent directement vers leurs ruches comme dans le cas précédent.

Ces faits suffisent à montrer que la vue n'est pas nécessaire pour le retour des abeilles au rucher.

Examinons maintenant ce sens localisé dans les antennes et qui est plus ou moins comparable à ce que nous nommons l'*odorat*.

On peut d'abord refaire les expériences classiques de Lefebvre [1] qui

---

(1) A. Lefebvre, *Note sur le sentiment olfactif des antennes* (*Annales de la Société entomologique de France*, 1838).

montrent que l'odeur des diverses substances n'est pas perçue par les abeilles à une grande distance.

Une abeille est occupée à lécher une goutte de sirop de sucre; on approche de sa tête une aiguille trempée dans l'éther; aussitôt l'insecte dirige ses antennes vers l'aiguille et semble donner les signes d'une vive inquiétude. On recommence la même expérience en approchant l'aiguille mouillée d'éther : de l'abdomen de l'abeille, de l'ouverture de ses stigmates, de ses pattes, etc.; on n'observe aucun mouvement spécial des antennes, aucune agitation de l'insecte.

En variant ce mode d'opérer, en recouvrant l'aiguille de substances variées, les résultats sont toujours les mêmes; l'abeille peut, en certains cas, être repoussée par un parfum dont l'odeur nous semble agréable, ou encore ressentir l'odeur d'un corps qui pour nous est inodore; mais c'est toujours à une faible distance que ces odeurs semblent ressenties par l'insecte, si subtil que soit son odorat.

D'ailleurs, qu'arrivera-t-il si l'on supprime les organes qui peuvent percevoir les odeurs? François Huber a montré le premier que, si l'on enlève les antennes de butineuses occupées à la récolte, ces abeilles retournent à leur ruche, bien qu'ensuite elles soient obligées de la quitter, ne pouvant plus se livrer à aucun travail.

Ces faits suffisent pour prouver que le sens de l'odorat n'est pas nécessaire pour le retour des abeilles à leur ruche.

Les expériences suivantes, que je citerai parmi celles que j'ai réalisées dans ces derniers temps, font voir que les abeilles peuvent suivre une direction déterminée presque toujours sans se tromper, fût-ce d'un angle extrêmement aigu.

A 200^{m} des ruches, dans un terrain découvert, je dispose sur une table un faisceau de branches mortes, enduites de sirop de sucre. Le lendemain matin, les abeilles chercheuses, qui sortent à l'aube, avant le départ des butineuses, ont découvert cette source nouvelle de récolte. Elles organisent un va-et-vient de butineuses entre ce branchage et leur ruche. Le sirop est constamment renouvelé sur les branches. Je marque toutes ces abeilles avec une poudre verte mêlée de talc.

Le soir du même jour, à 6^{m} de distance de ce branchage, j'en dispose un autre semblable, avec du sirop de sucre sur les branches.

Le lendemain, les chercheuses ont découvert le branchage n° 2; un va-et-vient s'organise entre cette nouvelle source de liquide sucré et le rucher, mais ce ne sont pas les mêmes abeilles qui en font partie. En effet, celles-ci ne sont pas marquées, tandis que les butineuses qui continuent à visiter le branchage n° 1 sont encore reconnaissables à la marque verte que je leur ai mise la veille.

Je continue à renouveler le sirop de sucre sur les deux branchages, et je marque en rouge les abeilles qui viennent sur le branchage n° 2.

Sauf de rares exceptions, les abeilles marquées en vert vont sur le premier branchage et celles marquées en rouge sur le second.

Les abeilles sont donc capables de distinguer deux directions qui forment entre elles un angle très aigu, car en ce cas c'est l'angle au sommet d'un triangle isocèle ayant 6^m de base et 200^m sur chacun des autres côtés.

Si l'on refait la même expérience en écartant les deux branchages de 20^m l'un de l'autre, il n'y a plus aucune exception ; les deux va-et-vient sont absolument indépendants. Si, au contraire, on rapproche les deux branchages à 2^m l'un de l'autre, la plupart des abeilles marquées en vert vont sur le premier, la plupart des abeilles marquées en rouge vont sur le second, mais il y a, en somme, mélange des deux sortes de butineuses.

C'est encore par le *sens de la direction* qu'on peut expliquer un certain nombre de remarques ou d'expériences bien connues des apiculteurs.

On déplace une ruche de quelques mètres : les butineuses, revenant de la récolte, ne retrouvent pas leur ruche et s'accumulent à la place où elle était, même si l'on y a mis un plateau neuf ou un panier quelconque n'ayant pas l'odeur de la ruche. Leurs yeux et leurs antennes sont insuffisants pour leur faire reconnaître leur habitation, qui n'est cependant qu'à quelques pas de là.

L'action de se rendre en un point donné peut persister pendant un temps parfois considérable. Il suffit de citer cette expérience de François Huber, qui a été refaite souvent depuis :

« On avait posé, en automne, du miel sur une fenêtre et le contrevent fut fermé pendant tout l'hiver. Au printemps suivant, lorsqu'on le rouvrit, les abeilles y revinrent quoiqu'il n'y eût plus de miel sur la fenêtre; ainsi, un intervalle de plusieurs mois n'avait pas effacé l'impression reçue. »

Il résulte de l'ensemble des faits précédents que les abeilles possèdent un sens particulier, un *sens de la direction*, plus ou moins comparable à celui des pigeons voyageurs, et que le siège de ce sens spécial ne paraît pas résider dans les antennes, mais probablement dans les ganglions cérébroïdes.

M. A. **Grandidier** s'exprime en ces termes :

« J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie, *au nom des auteurs*, la Carte de l'Imerina Sud, c'est-à-dire de la partie Sud de la province centrale de Madagascar, que vient de publier, grâce au fonds Bonaparte,

notre correspondant, le P. Colin, le directeur de l'Observatoire de Tananarive, en collaboration avec le P. Roblet. Cette Carte, qui est à $\frac{1}{100000}$, en deux feuilles, avec courbes de niveau équidistantes de 50^m, fait suite à la Carte de l'Imerina Nord que j'ai dressée, pour le corps expéditionnaire en 1895, d'après la triangulation et les levés que j'avais faits en 1869 et 1870, complétés par les travaux topographiques qu'avait continués depuis mon départ le P. Roblet avec une conscience et un soin admirables pendant une vingtaine d'années.

» Cette Carte comprenait la partie de la région centrale comprise entre 18°25′ et 19°15′ de latitude. Celle que notre savant correspondant, qui est absent de Paris, m'a chargé de déposer aujourd'hui sur le bureau s'étend de 19°10′ à 20°5′. La triangulation sur laquelle elle est appuyée, et qui a été faite avec toute la précision désirable, ne diffère, pour des côtés de 40^{km} à 50^{km}, que de 100^m à 200^m au plus de celle que j'avais établie en 1869 par des procédés expéditifs, et les deux Cartes se complètent parfaitement.

» L'œuvre des PP. Roblet et Colin, très importante au double point de vue géographique et colonial, qui est le résultat de plus de 30 ans de travaux sur le terrain, mérite les plus grands éloges. Il n'est pas commun d'avoir une Carte aussi parfaite d'un de nos pays d'outre-mer. »

GÉODÉSIE. — *La Carte de l'Imerina Sud; méthodes d'exécution employées.* Note de M. E. Colin.

La Carte de l'Imerina Sud, que je viens de publier grâce au fonds Bonaparte, a été dressée en collaboration avec mon collègue, M. Roblet. D'une superficie trois fois plus considérable que celle que nous avions établie pour le corps expéditionnaire de 1895, elle embrasse actuellement 10000^{km^2} environ, à l'échelle de $\frac{1}{100000}$, avec courbes de niveau équidistantes de 50^m, et fait suite à la Carte de l'Imerina Nord déjà parue (¹). Indiquons les méthodes expéditives que nous avons employées pour son exécution.

Réseau. — Les *Comptes rendus* du 28 avril 1902 contiennent une figure schématique représentant une partie de notre canevas trigonométrique. Les points principaux sont placés d'après le calcul d'une base et de trois angles

(¹) *Carte topographique de l'Imerina,* feuille Nord, par M. A. Grandidier, de l'Institut, les PP. Roblet et Colin, 1895.

mesurés au moyen du théodolite. Les stations secondaires s'appuient, ou bien sur les côtés du réseau pris comme bases avec deux angles déterminés et le troisième déduit, ou bien sur le problème classique des segments capables; leurs positions ont été obtenues soit par le calcul, soit graphiquement.

Azimuts orientés. — Du haut de deux montagnes visibles de presque toutes les stations, Tsiafajavona et Vontovorona, situées l'une au Nord, l'autre au Sud, sensiblement à égale distance des limites est et ouest du pays relevé, nous observâmes au théodolite une vingtaine de hauteurs du Soleil. Les calculs de ces éléments combinés avec nos azimuts vérifièrent l'orientation générale de la Carte. Rappelons que l'Observatoire de Tananarive, station astronomique fondamentale à laquelle se rattache tout notre réseau, se trouve dans la feuille Nord.

Orométrie. — Nous avons employé le procédé de l'altitude géodésique sur les points principaux. Dès le début des opérations, le choix du repère de nivellement se porta sur un objet remarquable, le sommet de la coupole de l'Observatoire, dont la cote au-dessus du niveau de la mer, 1412^m, était déjà fixée avec assez de certitude d'après nos travaux exécutés en 1892. Les hauteurs relevées ultérieurement des différentes montagnes sur le cercle vertical du théodolite furent réciproques, mais non simultanées.

Pour obtenir l'altitude des points secondaires et le tracé des courbes de niveau, nous adoptâmes la méthode barométrique en prenant toutes les précautions susceptibles de donner les meilleurs résultats. Ainsi, nous avons eu soin de régler nos anéroïdes avant, pendant et après nos voyages, soit par rapport au baromètre à mercure de l'Observatoire, soit par des expériences hypsométriques faites en cours de route; ensuite, nous avons comparé chaque valeur de pression rectifiée et de température avec les valeurs simultanées fournies par le barographe et le thermographe corrigés de leurs erreurs instrumentales; enfin, nous avons calculé ces éléments d'après la formule de Laplace en ajoutant aux résultats ou retranchant, suivant le cas, l'altitude de la cuvette barométrique, 1402^m. L'erreur probable de quelques différences de niveau peut atteindre une quinzaine de mètres, dans les conditions les plus défavorables, par exemple, en temps d'orages ou de perturbations atmosphériques.

Les lectures du baromètre et du thermomètre avaient lieu fréquemment, dans les villages où nous séjournions, dans ceux que nous traversions, aux

passages des rivières, des ruisseaux, des thalwegs, sur les chemins, les cols et les montagnes.

Topographie. — Les détails du terrain ont été relevés avec la planchette et l'alidade nivelatrice en des stations distantes de 6^{km} ou 7^{km} environ les unes des autres. On se repérait d'abord sur les sommets géodésiques principaux, afin de fixer plus tard la position du lieu sur la Carte, puis on visait, autant que possible, les mêmes accidents du sol, villages, têtes de vallées, rivières, confluents, chemins, collines, signaux naturels. Lors de la mise au net des minutes, la position exacte de ces visées était graphiquement déterminée d'après la méthode connue des intersections.

De plus, pendant les voyages, on dessinait à vue le croquis de la région avoisinante, avec indications du jour, de l'heure, de la température et de la lecture barométrique. Ces itinéraires confirmaient l'exactitude des minutes déjà rapportées sur la Carte, les complétaient même, si, pour une cause quelconque, certains détails du terrain nous avaient échappé du haut des montagnes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Remarques relatives à la Communication de M. Deslandres* ([1]). Note de M. G.-E. HALE.

J'ai entendu avec beaucoup d'intérêt la Communication de M. Deslandres, et je lui offre mes félicitations sur le progrès important qu'il a réalisé. La plupart de mes photographies des flocculi ($H\alpha$) de l'hydrogène ont été obtenues avec un spectrohéliographe à deux prismes ayant une longueur focale de $1^m,5$. Mais j'ai employé aussi dans cette recherche un spectrohéliographe au moins six fois plus puissant d'une longueur focale de 9^m. Les flocculi brillants étaient très intenses sur les premières photographies prises avec cet instrument ([2]), quoique les flocculi noirs n'avaient pas beaucoup de contact. Plus tard, j'ai constaté que l'intensité relative des flocculi noirs et brillants est déterminée par la position de la fente de la chambre relative à la raie $H\alpha$. Si cette fente ne laisse arriver sur la plaque sensible que la lumière qui appartient à la partie centrale de la raie, les flocculi brillants sont très intenses dans l'image. Au contraire, si l'image est formée exclusivement par la lumière du bord de la raie, les flocculi noirs sont bien visibles, mais les flocculi brillants sont faibles ou même invisibles.

([1]) *Voir* ci-dessus, p. 1011.

([2]) *Astrophysical Journal*, septembre 1908.

De plus, j'ai fait de nombreuses comparaisons de deux images de la même région du Soleil, photographiées simultanément avec la lumière des deux côtés, rouge et violet, de la raie $H\alpha$. Dans la théorie solaire de Julius, les flocculi sont supposés dus à la réfraction anomale de la lumière blanche de la photosphère, passant à travers les vapeurs de l'atmosphère solaire. Du côté rouge de la raie $H\alpha$, la réfraction anomale est positive; du côté violet elle est négative. Si l'intensité de la lumière dans les flocculi est déterminée par la réfraction anomale, les images données par les côtés opposés de la raie doivent présenter des différences notables, en particulier près du bord solaire et dans le voisinage des taches. Or les résultats préliminaires font croire que la réfraction anomale ne joue pas un grand rôle dans la formation des flocculi de l'hydrogène. Néanmoins, les images données par les côtés opposés de $H\alpha$ présentent souvent de petites différences, qu'on peut attribuer à l'effet de la réfraction anomale ou au mouvement radial de l'hydrogène.

J'espère que ces recherches, qui sont encore à leur début, permettront éventuellement de déterminer la vraie source de telles différences.

M. **Gaston Bonnier** fait hommage à l'Académie du fascicule V du *Cours de Botanique* qu'il fait paraître en collaboration avec M. *Leclerc du Sablon*. Ce fascicule renferme les Characées, les Algues et une partie des Champignons inférieurs.

M. le **Président** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage que M. R. Lépine, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, vient de publier sous le titre : *Le diabète sucré*.

CORRESPONDANCE.

M. **Blaserna**, Président de l'Académie royale des *Lincei*, en réponse à la lettre dans laquelle M. *Bouchard*, Président de l'Institut, lui a transmis le montant de la souscription ouverte en faveur des victimes du dernier tremblement de terre, adresse la dépêche suivante :

« Profondément touché de la nouvelle preuve d'amitié et de bienveillance que l'Institut de France a bien voulu donner à l'Italie et à l'Académie des *Lincei*, je m'empresse de

vous envoyer l'expression la plus chaleureuse de notre reconnaissance et je vous prie d'exprimer ces sentiments à tous vos illustres Confrères. J'aurai l'honneur d'en informer notre Académie dans sa prochaine séance. »

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la lettre suivante (transmise par M[me] Jean Charcot) :

Ile Déception (Shetlands du Sud), 24 décembre 1908.

J'ai l'honneur d'informer l'Académie des Sciences que le *Pourquoi-pas?*, navire de l'expédition au pôle Sud, est arrivé le 22 décembre, à 10^h du soir, à l'île Déception, faisant partie du groupe des Shetlands du Sud, tout allant bien à bord.

Partis de Punta-Arenas le 16 décembre, à 9^h du soir, nous avons pris la mer par le canal de Murray le 19. Par le travers du cap Horn, nous avons rencontré le trois-mâts-barque français *Michelet*, du port de Nantes, avec lequel nous avons échangé des signaux. Le 19 décembre, calme et temps clair, avec très grosse houle fatigante de l'Ouest. Le 20 décembre, fort coup de vent de NE avec neige. Le 21, belle brise de l'Est, thermomètre à 0° et temps clair. Le 22, par très beau temps, nous atterrissons sur l'île Smith où nous voyons notre premier iceberg et, à 10^h du soir, nous rencontrons le baleinier norvégien *Ravn* qui nous accompagne dans l'intérieur de l'île Déception au mouillage où se trouvent actuellement trois compagnies de baleiniers, une chilienne et deux norvégiennes.

La Sociedad Ballenera Magellanes nous avait remis aimablement une lettre pour M. Andresen, directeur de la fonderie, le priant de nous donner notre plein de charbon. Nous apportions à ces braves gens leur courrier. Admirablement reçus, il est entendu que demain matin on nous apportera les 30^t de charbon brûlés depuis Punta-Arenas.

Nous avons pu nous-mêmes rendre un important service aux baleiniers en donnant nos soins à M[me] Andresen, légèrement indisposée, et en opérant un malheureux Norvégien dont quatre doigts venaient d'être sectionnés par un couperet circulaire. Notre médecin, le D[r] Liouville, a pratiqué très habilement l'amputation des quatre doigts de ce blessé qui, sans ses soins, risquait fort de mourir de gangrène. Nous sommes mouillés à l'entrée de ce qui fut autrefois Pendulum Cove, car, ainsi que l'a signalé l'*Uruguay* en 1905, cette anse est actuellement en grande partie comblée par des éboulements.

Nos travaux ont commencé aussitôt, et tandis que les naturalistes

MM. Gain et Liouville, le géologue M. Gourdon, recueillaient dans l'île des échantillons d'une nature nouvelle, M. Bongrain observait le deuxième contact de l'éclipse de Soleil du 23 décembre et faisait une série d'observations pendulaires commencées à La Plata et à Punta-Arenas au point même des observations de Foster de 1829, et réglait les chronomètres. M. Rouch effectuait des sondages et des dragages et a fait une station d'observations d'électricité atmosphérique; il continue les observations météorologiques entreprises depuis le départ de France. M. Godfroy a dressé un plan de la baie avec observations marimétriques. Enfin M. Senouque a fait, ainsi qu'à Punta-Arenas, une série d'observations magnétiques, des observations actinométriques pendant l'éclipse de Soleil et le relevé de la baie au théodolite photographique.

Je me permets de rappeler à l'Académie que l'île Déception est une île volcanique circulaire dont le cratère forme une vaste et magnifique rade très profonde où l'on pénètre par une coupure étroite entre deux falaises à peine visible du large. Le capitaine phoquier américain Pendleton fut vraisemblablement le premier à pénétrer dans cette rade qui fut très fréquentée par les baleiniers et les phoquiers à voile, puis totalement délaissée pendant plus d'un siècle. L'anglais Foster à bord du *Chanteclere* séjourna à Pendulum Cove du 9 janvier au 4 mars 1829 pour y pratiquer de nombreuses observations pendulaires. C'est au même endroit que M. Bongrain vient de faire une série d'observations et de régler ses chronomètres.

L'île Déception est redevenue un important centre de chasse à la baleine; l'escadrille actuellement au travail, qui séjourne dans une anse très favorable où elle trouve en abondance eau douce et eau chaude à 70°, se compose de deux vapeurs de 3000^t à 4000^t et de deux trois-mâts servant de pontons à charbons et de fonderie; huit petits baleiniers à vapeur, munis de canons porte-harpons, sortent et rentrent fréquemment remorquant les baleinoptères capturés.

Deux cents norvégiens sont occupés à cette industrie des plus productives. Nous avons pu donner des renseignements aux capitaines norvégiens sur Port-Lockroy et leur communiquer les Cartes relevées par M. Matha lors de notre dernière expédition antarctique 1903-1905; et les baleiniers vont immédiatement partir pour ces régions.

Je ne puis m'empêcher de faire remarquer, en même temps que je m'applaudis de voir une expédition scientifique donner déjà des résultats pratiques, combien il est regrettable que nos compatriotes, qui furent autrefois les premiers baleiniers du monde, ne veuillent pas rentrer dans une voie éminemment profitable et qui apporterait plus que le bien-être à nos populations côtières si durement éprouvées.

Nous avons trouvé à Pendulum Cove un cairn laissé par la corvette argentine l'*Uruguay*, venue si généreusement à la recherche du *Français* en janvier 1905. Ce cairn contenait une bouteille renfermant une liste déjà

effacée des matelots de la corvette et un document en parfait état dont voici la teneur :

Isla Decepcion, Enero 8 de 1905.

« En la fecha he estado en esta bahia con la corbeta *Uruguay* con objeto de tener noticias de la expedicion que dirige el Dr Charcot y no habiendo encontrado ninguno, me dirigo à la isla Wieneke, adonde dejare mis noticias.

» Ismaël F. GALINDEZ. »

Dans ce même cairn, nous avons déposé un rapport sur notre expédition.

Depuis notre arrivée nous avons été favorisés par un temps magnifique. Nous partirons le 25 décembre au soir pour Port-Lockroy, d'où, après une courte visite à Port-Charcot, nous nous dirigerons vers le Sud en effectuant le plus de stations possibles à terre.

Les baleiniers qui travaillent ici depuis 3 ans sont d'accord pour affirmer que jamais ces régions n'ont été aussi dépourvues de glaces; je veux considérer ce fait comme de bon augure; il pourrait être dû à un non-décollement des glaces qui nous empêcherait ainsi d'avancer comme nous le désirons, mais cependant les rapports des longs courriers rencontrés à Rio-de-Janeiro, Buenos-Ayres et Punta-Arenas affirment que les glaces s'élevèrent cette année à des latitudes inaccoutumées, ce qui nous permet d'espérer un dégagement inattendu.

L'enthousiasme règne à bord et l'équipage aide avec bonne humeur et entrain aux travaux de l'État-Major.

J'espère que l'Académie des Sciences, qui a déjà témoigné tant d'intérêt à notre expédition, approuvera notre programme et son commencement d'exécution, et je me permets de lui présenter l'assurance de mon très sincère et respectueux dévouement.

Le chef de l'Expédition,
J.-B. CHARCOT.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Deux fascicules des *Annales du Bureau central météorologique de France,* publiés par A. ANGOT, Directeur du Bureau (*Année* 1906 : *Pluies en France* et *Observations*).

2° Le premier fascicule de la Revue mensuelle *L'Homme préhistorique,* publiée sous la direction de MM. CHERVIN et A. DE MORTILLET. (Présenté par M. E. Perrier.)

ASTRONOMIE. — *Détermination de la parallaxe solaire d'après les observations de la planète Éros faites dans plusieurs observatoires en* 1900-1901. Note de M. **Arthur R. Hinks.**

La planète Éros a été découverte en 1898 par le Dr Gustav Witt à Berlin, et, d'une manière indépendante, par M. Charlois à Nice. Au bout de quelques mois il devint évident que son orbite était très remarquable. Quoique la planète eût une moyenne distance plus grande que celle de Mars, et qu'elle appartînt ainsi à la grande famille des petites planètes, l'excentricité de son orbite était cependant si grande, qu'en quelques occasions Éros pouvait approcher de la Terre plus qu'aucun autre corps céleste, la Lune exceptée. Dans ces occasions, elle nous fournit un moyen puissant de déterminer la parallaxe solaire.

Cette découverte fut faite au bon moment. En 1896, la conférence des directeurs des Éphémérides nationales qui se tenait à Paris avait décidé d'adopter pour la parallaxe solaire la valeur 8″,80 et pour la constante de l'aberration 20″,47, valeurs qui sont d'accord avec la relation théorique qui les relie. Mais beaucoup d'astronomes crurent que la constante de l'aberration avait en réalité une valeur considérablement plus grande, et que, en conséquence, on devait admettre soit que les observations avaient donné une valeur trop grande pour la parallaxe solaire, soit qu'il existait une erreur dans la relation théorique entre ces deux constantes.

Il était donc de la plus haute importance, aux deux points de vue pratique et théorique, de faire une nouvelle détermination de la parallaxe solaire d'après la planète Éros, au premier moment favorable.

Le Comité permanent de la Carte du Ciel, à sa dernière réunion en juillet 1900, décida donc d'organiser une coopération internationale pour observer la planète à l'opposition favorable de 1900-1901, et le plus grand nombre des principaux observatoires de l'hémisphère Nord, qui seuls pouvaient prendre une part effective au travail, entreprirent de contribuer à cette œuvre par des observations photographiques ou micrométriques de la planète, ou par des observations méridiennes des étoiles de repère.

Pour rendre cette coopération effective, il était nécessaire que tous les renseignements concernant le choix des étoiles, l'éphéméride de la planète, les résultats des observations méridiennes et beaucoup d'autres données essentielles puissent être mis à la disposition des astronomes sous une forme offrant toute garantie et sans délai. Les circulaires préparées par Lœwy et

publiées par l'Académie des Sciences ont joué un rôle indispensable dans cette entreprise, qui touche maintenant à sa fin.

Peu de temps après la fin des observations, j'ai entrepris quelques recherches sur les méthodes qu'on pourrait employer pour réduire et combiner la grande masse d'observations obtenues. Il me parut immédiatement évident qu'il serait nécessaire de former un Catalogue des positions photographiques des 6000 étoiles qui avaient été observées en même temps que la planète. Par l'emploi de ce Catalogue il serait possible d'éliminer certaines erreurs systématiques à la fois d'observations et de réductions qui apparaissent dans plusieurs des séries photographiques, et d'utiliser les comparaisons micrométriques faites avec les étoiles individuelles.

Dans l'année 1904, Lœwy me confia la tâche honorable de discuter l'ensemble des observations, et je lui dois, ainsi qu'à tous mes collègues, mes remercîments les plus reconnaissants pour l'amabilité qu'ils m'ont témoignée à toutes les étapes de mon entreprise. En particulier, je ne puis manquer de remercier l'éminent directeur actuel de l'Observatoire de Paris de ce qu'il a fait depuis un an pour amener l'entreprise à bon terme.

Maintenant pourrais-je omettre d'exprimer le profond regret, éprouvé par tous, que la mort ait enlevé depuis quelques années tant d'éminents astronomes français et ne leur ait pas permis de voir l'achèvement de l'œuvre à laquelle ils ont tant contribué.

Je dois enfin remercier le directeur de l'Observatoire de Cambridge, qui m'a permis pendant neuf ans de donner presque tout mon temps à cette œuvre, et la Société royale de Londres, dont les subventions m'ont permis d'avoir les assistants nécessaires.

Le rapport relatif aux détails de la construction du Catalogue d'étoiles, à la réduction des observations de la planète à un système homogène, aux diverses combinaisons auxquelles les résultats ont donné lieu, a été présenté ce matin à la Commission d'Éros nommée par le Congrès réuni à l'Observatoire. Il reste d'importantes questions particulières à discuter dans cette Commission. Mais il est impossible que la critique la plus minutieuse modifie d'une manière sensible les résultats auxquels je suis parvenu. Grâce à la courtoisie de M. le Président de l'Académie, je puis vous donner les principales valeurs numériques.

Les observations photographiques donnent

$$\varpi = 8'',807 \pm 0'',0027.$$

Les principales séries micrométriques donnent

$$\varpi = 8'',803 \pm 0'',0039,$$

et ces valeurs s'accordent dans les limites de leurs erreurs probables.

Il reste les séries d'observations visuelles par la méthode des passages. Je n'ai pu, jusqu'à ce jour, en terminer la réduction. Mais il semble sûr, d'après les recherches de Perrotin, qu'elles doivent conduire au même résultat.

Le résultat principal de cette entreprise est donc que la valeur de la parallaxe est 8'',806, à deux ou trois millièmes de seconde; la valeur adoptée par la conférence de 1896 n'est donc pas trop grande; elle est, au contraire, un peu trop faible.

Si alors la valeur de la constante de l'aberration de la lumière est plus grande que 20'',47, nous sommes en présence d'une contradiction avec la théorie.

Mais ce conflit est-il insoluble?

Les récentes recherches faites avec le grand spectrographe du Cap de Bonne-Espérance ont donné des résultats qui montrent que la constante de l'aberration de la lumière déduite des vitesses radiales des étoiles s'accorde bien avec la valeur donnée ci-dessus de la parallaxe. Nous pouvons donc espérer conclure que le désaccord est dû non à la théorie de l'aberration, comme on a pu le craindre, mais à des erreurs systématiques qui existent dans les observations de distances zénithales, peut-être à des changements qui se produiraient de l'été à l'hiver dans la région isotherme récemment découverte dans l'atmosphère, comme plusieurs astronomes l'ont déjà suggéré.

ASTRONOMIE. — *Note sur la distribution dans l'espace des mouvements propres considérables.* Note de M. **H.-H. Turner.**

La Carte du Ciel et le Catalogue photographique associés donneront les positions des étoiles jusqu'à la onzième ou même la douzième grandeur pour une époque voisine de 1900. Ces positions ont naturellement de l'importance en elles-mêmes; mais cette importance sera beaucoup agrandie quand nous aurons obtenu en outre, par répétition du travail après un intervalle suffisant, les changements de position pour chaque étoile. Combien d'années doivent passer avant cette répétition? Voilà une question peu facile à résoudre : notre connaissance des mouvements propres des étoiles faibles

ne donne jusqu'à présent que des indications vagues. Il faut faire des essais sur ce sujet et je profite, à l'occasion de la réunion du Comité international permanent de la Carte du Ciel, de signaler à l'Académie quelques résultats obtenus tout récemment à Oxford.

Quarante plaques, contenant en somme 10000 étoiles, ont été recommencées après un intervalle de 15 ans à peu près. Les mesures ont été comparées par un procédé bien simple, capable de donner, sans trop de travail, tous les mouvements propres considérables. On a trouvé :

a. 26 étoiles avec des mouvements propres plus rapides que 20″ par siècle, dont 11 sont plus faibles que la grandeur 10,0.

b. Encore 42 étoiles avec des mouvements propres entre les limites 15″ et 20″ par siècle, dont 26 sont plus faibles que 10,0.

c. 200 étoiles peut-être avec des mouvements propres entre 10″ et 15″; mais ici les indications données par la méthode employée ne sont pas assez exactes.

d. Un fait significatif sur la distribution dans l'espace de ces étoiles, avec mouvements propres considérables, est indiqué par nos résultats. C'est qu'ils sont aussi fréquents par degré carré dans les régions loin de la Voie lactée que dans cette région même. Ce fait n'est pas tout à fait nouveau. J'ai appris hier de M. Kapteyn qu'il a trouvé une loi semblable pour les étoiles jusqu'à la neuvième grandeur, et il l'a annoncé sous cette forme : *Si l'on supprime les petits mouvements propres, la Voie lactée disparaît.* Les deux résultats tendent à se confirmer l'un l'autre, et ensemble ils indiquent l'existence d'un amas solaire qui ne partage pas l'aplatissement de la Voie lactée, mais est sphérique; de plus cet amas solaire contient des étoiles relativement faibles, c'est-à-dire jusqu'à la douzième grandeur. Il sera nécessaire, sans doute, d'examiner beaucoup plus d'étoiles pour avoir la certitude sur ce point, mais c'est justement le travail sur la Carte du Ciel qui promet de nous donner cette certitude.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation infiniment petite des surfaces réglées.* Note de M. J. **Haag**.

Voici une solution très simple de ce problème, qui n'a pas encore été résolu d'une manière complète pour la surface réglée la plus générale, du moins à notre connaissance.

Nous allons tout simplement partir des formules de M. Lelieuvre, que

nous ne rappellerons pas, pour ne pas allonger cette Note (voir par exemple Darboux, *Théorie des surfaces*, t. IV, p. 24). On démontre d'abord, par des raisonnements et des calculs simples, que les trois fonctions θ_1, θ_2, θ_3 doivent être de la forme

$$(1) \qquad \theta_1 = \rho a + a', \qquad \theta_2 = \rho b + b', \qquad \theta_3 = \rho c + c',$$

où a, b, c sont trois fonctions arbitraires du paramètre α des génératrices de la surface réglée, et a', b', c' leurs dérivées par rapport à ce paramètre. La fonction ρ est une fonction de α et β qui doit vérifier simultanément les deux équations

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{\partial^2 \rho}{\partial \alpha \, \partial \beta} &= k\rho, \\ \frac{\partial \rho}{\partial \beta} &= k, \end{aligned} \right.$$

dans lesquelles k est la même fonction que dans l'équation

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial \alpha \, \partial \beta} = k\theta,$$

à laquelle doivent satisfaire les trois fonctions θ_1, θ_2, θ_3. L'intégration du système (2) est très facile et donne

$$\rho = \frac{A''}{A'} - \frac{2A'}{A+B}, \qquad k = \frac{2A'B'}{(A+B)^2},$$

où A et B sont deux fonctions arbitraires des paramètres α et β respectivement.

On peut simplifier ces expressions par un choix convenable de ces paramètres, qui, jusqu'à présent, sont supposés pris d'une façon quelconque. On voit aisément qu'*aucune des fonctions* A *et* B *ne peut se réduire à une constante*. Nous pouvons alors prendre

$$A = \alpha, \qquad B = \beta;$$

d'où

$$\rho = -\frac{2}{\alpha+\beta}, \qquad k = \frac{2}{(\alpha+\beta)^2}.$$

L'équation (3) devient alors

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial \alpha \, \partial \beta} = \frac{2\theta}{(\alpha+\beta)^2}.$$

On tombe sur une équation très connue. C'est l'équation à invariants

égaux dont *l'intégrale générale est du second rang* (DARBOUX, *Théorie des surfaces*, t. II, p. 143). Cette intégrale générale est

$$\omega = \frac{2(\mathrm{A}+\mathrm{B})}{\alpha+\beta} - (\mathrm{A}'+\mathrm{B}'),$$

A et B étant deux fonctions arbitraires de α et β respectivement. De ce qui précède on peut maintenant tirer les conclusions suivantes :

Les équations de toute surface réglée, *n'ayant pas de plan directeur*, et rapportée à ses lignes asymptotiques, peuvent se mettre sous la forme ([1])

$$(5)\qquad \begin{cases} x = \dfrac{2(cb'-bc')}{\alpha+\beta} + \displaystyle\int (b'c''-c'b'')\,d\alpha, \\ y = \dfrac{2(ac'-ca')}{\alpha+\beta} + \displaystyle\int (c'a''-a'c'')\,d\alpha, \\ z = \dfrac{2(ba'-ab')}{\alpha+\beta} + \displaystyle\int (a'b''-b'a'')\,d\alpha, \end{cases}$$

où a, b, c sont trois fonctions arbitraires de α.

La surface S_1 la plus générale qui lui correspond avec orthogonalité des éléments a pour équations

$$(6)\qquad \begin{cases} x_1 = a'\mathrm{B}' + 2\dfrac{[a(\mathrm{A}'-\mathrm{B}')-a'(\mathrm{A}+\mathrm{B})]}{\alpha+\beta} + \displaystyle\int (\mathrm{A}'a''-\mathrm{A}''a')\,d\alpha, \\ y_1 = b'\mathrm{B}' + 2\dfrac{[b(\mathrm{A}'-\mathrm{B}')-b'(\mathrm{A}+\mathrm{B})]}{\alpha+\beta} + \displaystyle\int (\mathrm{A}'b''-\mathrm{A}''b')\,d\alpha, \\ z_1 = c'\mathrm{B}' + 2\dfrac{[c(\mathrm{A}'-\mathrm{B}')-c'(\mathrm{A}+\mathrm{B})]}{\alpha+\beta} + \displaystyle\int (\mathrm{A}'c''-\mathrm{A}''c')\,d\alpha, \end{cases}$$

où A et B sont deux fonctions arbitraires de α et β respectivement.

Les calculs que nous venons d'indiquer supposent que *la surface réglée n'a pas de plan directeur*. S'il n'en est pas ainsi, ils doivent être légèrement modifiés. On reconnaît que, dans ce cas, l'équation (3) se réduit à

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial\alpha\,\partial\beta} = 0.$$

([1]) M. Kœnigs a obtenu en 1888 (*Comptes rendus*, 2 janvier) les équations d'une surface réglée quelconque rapportée à ses lignes asymptotiques, et cela *sans quadratures*. Mais ses formules ont l'inconvénient de se présenter sous une forme très compliquée.

Les deux surfaces (S) et (S_1) ont alors des équations de la forme

$$(7)\quad \begin{cases} x = R\cos\alpha(S+\beta) - 2\int S'R\cos\alpha\, d\alpha, \\ y = R\sin\alpha(S+\beta) - 2\int S'R\sin\alpha\, d\alpha, \\ z = \int R^2\, d\alpha. \end{cases}$$

$$(8)\quad \begin{cases} x_1 = -(A+B)R\sin\alpha + 2\int A'R\sin\alpha\, d\alpha, \\ y_1 = (A+B)R\cos\alpha - 2\int A'R\cos\alpha\, d\alpha, \\ z_1 = -(A+B)S + (A-B)\beta + 2\int B\, d\beta + 2\int SA'\, d\alpha, \end{cases}$$

où R, S, A sont des fonctions arbitraires de α et B une fonction arbitraire de β.

De ces formules et des précédentes j'ai déjà déduit un certain nombre de théorèmes intéressants que le manque de place m'empêche d'énoncer. En particulier, j'ai reconnu qu'*à toute surface réglée* S *on peut faire correspondre, comme surface* S_1, *une infinité de surfaces développables dépendant d'une fonction arbitraire de* α. En raisonnant en sens inverse, j'ai obtenu la solution générale du problème de la *déformation infiniment petite d'une surface développable*, problème que j'ai aussi résolu en passant par l'intermédiaire de la déformation finie, et qui n'admet comme solutions que des surfaces réglées dont les génératrices correspondent à celles de la développable.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes différentiels isomorphes.* Note [1] de M. E. Vessiot, présentée par M. Émile Picard.

1. Nous appelons *isomorphes* deux équations de Lie de la forme

$$(1)\qquad 0 = Lf = \frac{\partial f}{\partial t} + \sum_{s=1}^{r} \theta_s(t)\, X_s f,$$

$$(2)\qquad 0 = Mf = \frac{\partial f}{\partial t} + \sum_{s=1}^{r} \vartheta_s(t)\, Y_s f,$$

[1] Présentée dans la séance du 5 avril 1909.

lorsque les transformations infinitésimales

$$(3) \qquad X_s f = \sum_{h=1}^{n} \xi_{sh}(x_1, \ldots, x_n) \frac{\partial f}{\partial x_h} \qquad (s = 1, 2, \ldots, r),$$

$$(4) \qquad Y_s f = \sum_{k=1}^{p} \eta_{sk}(y_1, \ldots, y_p) \frac{\partial f}{\partial y_k} \qquad (s = 1, 2, \ldots, r)$$

définissent, respectivement, deux groupes (G) et (H) isomorphes, à r paramètres; et que X_s et Y_s sont homologues pour chaque valeur de s.

L'intégration de (1) revient à la détermination d'une famille de transformations finies S du groupe (G); et l'intégration de (2) revient à la détermination des transformations finies T, du groupe (H), qui sont, respectivement, les homologues des transformations S. De là résulte que, si l'on connaît les équations finies de (G) et de (H), sous une forme qui mette en évidence la correspondance isomorphique considérée, l'intégration de chacune des équations isomorphes données fournit l'intégration de l'autre ([1]).

2. Supposons qu'on ne connaisse pas les équations finies des deux groupes. On pourra encore utiliser l'intégration de l'une des deux équations isomorphes pour obtenir l'intégration de l'autre. Nous avons montré, en effet ([2]), comment l'intégration de (1) est liée à la détermination des transformations infinitésimales de la forme

$$(5) \qquad Uf = \sum_{s=1}^{r} \rho_s(t)\, X_s f,$$

qui laissent Lf invariant. Or, les mêmes fonctions $\rho_s(t)$, qui fournissent ces transformations Uf, sont aussi celles pour lesquelles la transformation homologue

$$(6) \qquad Vf = \sum_{s=1}^{r} \rho_s(t)\, Y_s f$$

laisse Mf invariant. Tout revient donc à prouver qu'on peut former, explicitement, toutes les Uf laissant Lf invariant, dès que $Lf = 0$ est intégrée.

En effet, toute solution principale $\overline{x_1}, \ldots, \overline{x_n}$ de (1) peut se représenter

---

([1]) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, t. VIII, H, 1894, p. 10, et *Comptes rendus*, 8 février 1909.

([2]) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, t. X, C, 1896, p. 22.

au moyen des équations finies

$$(7) \qquad \overline{x}_h = f_h(x_1, \ldots, x_n)(a_1, \ldots, a_r) \qquad (h = 1, 2, \ldots, n)$$

du groupe (G), en y remplaçant $a_1, \ldots, a_r$ par certaines fonctions de t. Si donc on prend $\overline{x}_1, \ldots, \overline{x}_n$, comme variables nouvelles, à la place de $x_1, \ldots, x_n$, Uf prendra la forme

$$(8) \qquad \overline{U}f = \sum_{s=1}^{r} \sigma_s(t) \sum_{h=1}^{n} \xi_{sh}(\overline{x}_1, \ldots, \overline{x}_n) \frac{\partial f}{\partial \overline{x}_h};$$

et, comme Lf se réduit, en même temps, à $\frac{\partial f}{\partial t}$, la condition d'invariance de Lf par Uf est que les $\sigma_s(t)$ soient des constantes. Donc le groupe des transformations (5) cherchées se déduit du groupe (G), en y faisant le changement de variables défini par une solution principale quelconque de $Lf = 0$.

3. Supposons que, pour chaque valeur numérique attribuée à t, les symboles

$$(9) \qquad Xf = \sum_{h=1}^{n} \xi_h(x_1, \ldots, x_n \,|\, t) \frac{\partial f}{\partial x_h},$$

$$(10) \qquad Zf = \sum_{k=1}^{p} \eta_k(y_1, \ldots, y_p \,|\, t) \frac{\partial f}{\partial y_k}$$

représentent des transformations infinitésimales homologues de deux groupes continus infinis (G) et (H), holoédriquement isomorphes.

Nous dirons encore que les équations

$$(11) \qquad 0 = Lf = \frac{\partial f}{\partial t} + Xf,$$

$$(12) \qquad 0 = Mf = \frac{\partial f}{\partial t} + Yf$$

sont *isomorphes* (¹).

Les considérations du n° 1 s'étendent immédiatement à de tels couples d'équations. Il en est de même de celles du n° 2, en prenant pour Uf et Vf des transformations de la forme (9) et (10), qui doivent laisser invariantes respectivement Lf et Mf.

(¹) Nous nous sommes déjà occupé de telles équations. Voir *Comptes rendus*, t. CXV, 1897, p. 1019; *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. XXI, 1904, p. 84.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la fonction analytique égale au module maximum d'une fonction entière.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy**, transmise par M. Appell.

Je me propose d'indiquer quelques propriétés essentielles de la fonction $M(r) = \underset{|x|=r}{\text{Max.}} |F(x)|$, $F(x)$ étant une fonction entière, lorsqu'on considère $M(r)$ comme une fonction analytique de r qu'on prolonge dans tout le plan des r [2].

Si $F(x)$ commence par les termes $a + bx^m + \ldots$ la fonction $\dfrac{F\left(\sqrt[m]{\frac{a}{b}}\,x\right)}{a}$ commence par $1 + x^m + \ldots$, et $M(r)$ possède $2m$ branches holomorphes à l'origine et dont le développement commence par $1 \pm r^m$. Supposons F réduite à cette forme. Je signalerai, entre autres propriétés de $M(r)$, les suivantes :

1° Les différents zéros de la fonction multiforme $M(r)$ sont pour $r = \pm\sqrt{ab_0}$, a et b étant deux zéros quelconques de F et b_0 étant imaginaire conjugué de b. Ils sont simples si a et b_0 sont des zéros simples quelconques de F, sauf si $a + b_0 = 0$, auquel cas le zéro est d'ordre $\frac{1}{2}$, d'ordre $\frac{p+q}{2}$, si a et b sont d'ordres p et q.

2° La fonction multiforme $M(r)$ possède en général des points critiques algébriques (en infinité dénombrable, comme ceux de toute fonction multiforme) faciles à obtenir et peut présenter des points critiques transcendants, correspondant (si $x = re^{i\theta}$) toujours à des valeurs imaginaires de θ. Les valeurs ρ de ces points critiques sont $\left(\frac{\alpha}{m}\right)^{\frac{1}{2m}}$ ou $\left(\frac{\alpha_0}{m}\right)^{\frac{1}{2m}}$, α étant une valeur limite de $x^{m+1}\frac{F'(x)}{F(x)}$ quand x tend continûment vers l'infini (et α_0 étant conjugué de α).

3° Pour $r = 0$, en dehors des $2m$ valeurs banales commençant par $1 \pm r^m + \ldots$, il y a une infinité de valeurs de $M(r)$, holomorphes ou algébroïdes suivant les cas, correspondant à des valeurs imaginaires de θ. Pour chacune de ces branches, $re^{i\theta}$ tend vers l'une des racines non nulles de l'équation dérivée $F'(x) = 0$, ou vers l'une de ses conjuguées.

---

[1] Transmise dans la séance du 5 avril 1909.

[2] Une étude de $M(r)$, pour les valeurs réelles de r et les déterminations réelles de θ, a été faite par M. Blumenthal (*Bull. de la Soc. math. de France*, 1907, p. 213),

De l'ensemble des propriétés de $M(r)$ il résulte que, en général, à une fonction $M(r)$ donnée, il ne correspondra au plus qu'une fonction entière [en ne considérant pas comme distinctes de $F(x)$ sa conjuguée $F_0(x)$, ni les fonctions $e^{i\alpha}F(xe^{i\omega})$, α et ω étant réels]. Ceci n'est pas évident *a priori*. Car si P et Q sont deux fonctions holomorphes pour $x = 0$, à coefficients réels, on peut, étant donné Q, trouver P tel que

$$M(r) = \operatorname*{Max.}_{|x|=r} |P(x) + iQ(x)|,$$

cela dans le domaine d'existence de $P + iQ$.

Enfin, pour une valeur réelle de r, $M(r)$ peut avoir une infinité de déterminations réelles, dont une partie au moins peut surpasser $\operatorname*{Max.}_{|x|=r} |F(x)|$.

Si l'on prend pour $F(x)$ le facteur primaire $F(x) = (1 - x)e^{x + \frac{x^2}{2} + \ldots + \frac{x^p}{p}}$, la fonction $M(r)$ se compose de trois fonctions analytiques différentes qui sont d'abord $F(r)$ correspondant à $\theta = 0$ et $F(-r)$ pour $\theta = \pi$. La troisième possède seulement p branches débutant pour $r = 0$ par $1 \pm \frac{r^{p+1}}{p+1}$, θ partant de $\frac{h}{p+1}\pi (h = \pm 1, \pm 2, \ldots, \pm p)$. J'ai pu montrer que le cercle de convergence de toutes ces branches est supérieur à $1 + \frac{1}{p}$. Si les points critiques algébriques rangés par arguments croissants et compris entre $-\frac{\pi}{2}$ et $\frac{\pi}{2}$ sont

$$u_h = 1 + \frac{\alpha'_h}{p}$$

[en supposant $I(\alpha'_{-1}) < 0$, $I(\alpha'_{+1}) > 0$], α'_h pour p infini tend vers une limite. Si nous menons radialement une coupure de chaque point u_h à l'infini, la branche qui pour $r = 0$ correspond à

$$\theta = \pm \frac{\pi}{p+1}$$

est uniformisée par les coupures de u_{-1} et de u_1, auxquelles il faut adjoindre leurs symétriques relativement à l'origine. La branche qui pour $r = 0$ correspond à

$$\theta = \pm \frac{h\pi}{p+1}$$

est uniformisée par quatre couples de coupures : celles qui partent de u_h, u_{h+1}, de u_{-h}, u_{-h-1}, et leurs symétriques relativement à l'origine.

PHYSIQUE. — *Des propriétés électriques des cupro-aluminiums (thermo-électricité et résistivité).* Note de M. H. PÉCHEUX, présentée par M. J. Violle.

Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, n° 10, 8 mars 1909), j'ai exposé les résultats que j'ai obtenus avec l'aluminium marchand, et montré l'influence des matières étrangères sur la thermo-électricité et la résistivité de ce métal.

J'ai étudié ensuite six cupro-aluminiums marchands, de fabrication courante; ils m'ont fourni les résultats suivants, que j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie.

1° *Thermo-électricité.* — J'ai fait un couple de chacun des alliages (obtenus en fils minces) avec le cuivre électrolytique. Chaque couple avait sa soudure disposée à côté de celle d'un couple pyrométrique nickel-cuivre bien étalonné; les soudures chaudes étaient portées lentement de la température ambiante à la température de 820°, le chauffage étant réalisé au four Mermet.

Les lectures obtenues pendant le refroidissement lent des soudures étaient seules conservées. La méthode suivie était toujours celle des déviations au galvanomètre Deprez-d'Arsonval avec règle de Poggendorff.

La force électromotrice de chaque couple suit une loi très sensiblement *parabolique*, les écarts observés étant bien inférieurs aux erreurs possibles de lecture au galvanomètre. Les pouvoirs thermo-électriques de ces couples, calculés à l'aide du Tableau des forces électromotrices, peuvent être représentés par les formules suivantes (en *microvolts*) :

				$\frac{dE}{dt}$.
Cupro-aluminium	(à 3	pour 100 de Al	)-Cu....	$2,31 + 0,00300t$
»	(à 5	»	)-Cu....	$2,53 + 0,00320t$
»	(à 6	»	)-Cu....	$1,78 + 0,00040t$
»	(à 7,5	»	)-Cu....	$1,59 + 0,00090t$
»	(à 10	»	)-Cu....	$1,21 + 0,00104t$
»	(à 94	»	)-Cu....	$2,21 + 0,00680t$

A l'aide de ces formules, on arrive à vérifier, conformément aux résultats fournis par l'expérimentation directe, que :

a. Les alliages les plus riches en aluminium sont les plus éloignés, en général, de l'aluminium (dans la série thermo-électrique), exception faite pour l'alliage à 94 pour 100 d'aluminium, qui se rapproche davantage de ce métal.

b. Les alliages cupro-aluminiums *ne se suivent pas tous dans l'ordre de leur composition* (contrairement aux conclusions de M. E. Steinmann, lequel d'ailleurs n'a étudié que les alliages à 5 pour 100, 7,5 pour 100, et 10 pour 100, à trois températures seulement); ainsi, en allant de l'aluminium au cuivre, dans la série, on trouve l'ordre suivant (à 50° par exemple): 5 pour 100, 3 pour 100, 94 pour 100, 6 pour 100, 7,5 pour 100 (ces deux derniers *très voisins*), et 10 pour 100.

c. De 50° à 800°, il se produit quelques inversions modifiant l'ordre de la série; il y a inversion des alliages 3 pour 100 et 94 pour 100 à 53°, des alliages 5 pour 100 et 94 pour 100 à 178°, des alliages 6 pour 100 et 7,5 pour 100 à 760°.

2° *Résistivité.* — J'ai mesuré la résistivité des six alliages, enroulés en spirale, bien recuits au préalable, en les portant à des températures variables, dans un bain de paraffine, de la température ambiante à 350°; la méthode employée était celle du pont de Wheatstone à corde.

Les résultats obtenus sont consignés dans les formules suivantes, qui donnent la résistivité en *microhms :*

Cupro-aluminium à	3 pour 100 de Al....		$\rho_t = 8,26(1 + 0,00102t + 0,000003t^2)$
»	5	»	$\rho_t = 10,21(1 + 0,00070t + 0,000002t^2)$
»	6	»	$\rho_t = 11,62(1 + 0,00055t + 0,000002t^2)$
»	7,5	»	$\rho_t = 13,62(1 + 0,00036t + 0,000001t^2)$
»	10	»	$\rho_t = 12,61(1 + 0,00032t + 0,000002t^2)$
»	94	»	$\rho_t = 3,10(1 + 0,0038t + 0,0000003t^2)$

L'examen de ce Tableau conduit aux interprétations suivantes:

a. La résistivité des cupro-aluminiums croît avec la teneur en aluminium jusqu'à 7,5 pour 100, alliage où elle est maxima; elle décroît ensuite; pour l'alliage à 94 pour 100, elle se rapproche beaucoup de celle de l'aluminium métallique.

b. Le coefficient de température principal diminue quand la teneur en aluminium augmente, jusqu'à 10 pour 100. A 94 pour 100 d'aluminium, il est voisin de celui de l'aluminium métallique.

c. L'addition de faibles quantités d'aluminium au cuivre augmente très sensiblement la résistivité du cuivre; il n'en est pas de même de l'addition de faibles quantités de cuivre à l'aluminium; la résistivité de ce dernier métal est à peine modifiée.

PHYSIQUE. — *Quelques conséquences de l'emploi d'un récepteur sélectif dans la mesure de l'énergie rayonnante.* Note de M. CH. FÉRY, présentée par M. E. Bouty.

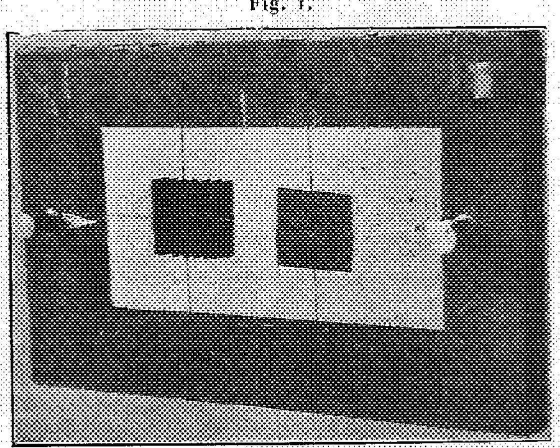
J'ai démontré précédemment [1] qu'il est indispensable, pour mesurer correctement l'énergie rayonnante, d'avoir recours à un récepteur intégral.

On peut se demander quelle est l'erreur systématique commise dans les mesures par l'emploi d'un récepteur ayant une absorption sélective, comme la plupart des corps noirs usuellement employés.

Il est évident que cette erreur dépend, en *grandeur* et en *signe*, des propriétés particulières de la substance employée; l'expérience très simple que j'ai faite à ce sujet le fera bien comprendre :

Deux plaques métalliques (*fig.* 1) sont réunies par un fil fin horizontal en constantan, dont les extrémités sont soudées en leur milieu.

Fig. 1.



Deux fils de cuivre également très fins relient ces plaques à deux bornes; le système constitue un couple thermo-électrique. Les fils verticaux en soie n'ont d'autre but que de supporter les deux lames.

La lame de droite est plane et noircie sur ses deux faces avec la substance étudiée; la lame de gauche, plissée comme un soufflet de chambre noire, est également noircie; elle se comporte grossièrement comme un récepteur intégral par la face recevant le

(1) *Comptes rendus*, séance du 29 mars 1909.

rayonnement, et comme un radiateur intégral par son autre face. La surface utile de ces deux récepteurs est la même [1].

Lorsque la lame plane est recouverte de noir de fumée, elle prend une température *supérieure* à la lame plissée pour toutes les sources rayonnantes à une température supérieure à la température ambiante.

Au soleil, par exemple, elle absorbe presque autant d'énergie que la lame plissée, car son coefficient d'absorption est très voisin de l'unité pour $\lambda = 0^\mu,54$, mais elle ne peut guère dissiper cette énergie que par rayonnement, étant donnée la faible section des fils qui la supportent, et elle perd beaucoup moins que la lame plissée, car son pouvoir émissif pour $\lambda = 10^\mu$ (température ambiante) n'est que de 0,5 environ.

Pour les mêmes raisons, la déviation devient *négative* si l'on remplace la source à haute température par un vase métallique noirci plein de glace ($\lambda = 0^\mu,11$).

Les résultats sont très différents si l'on remplace le noir de fumée par du noir de platine dont le coefficient d'absorption passe par un *minimum* vers 6^μ.

Pour une source à 500° environ, qui émet cette longueur d'onde, la lame plane est la plus froide.

La déviation du galvanomètre s'annule pour $\lambda = 10^\mu$ (température ambiante) et pour une source à 1000° environ.

Les sources de température *supérieure à* 1000° ou *inférieure à la température ambiante* donnent une déviation qui montre que la lame plane est la plus chaude : le vase plein de glace donne une déviation *dans le même sens* que le soleil.

Les conséquences de cette simple expérience sont nombreuses ; j'en citerai quelques-unes :

L'emploi d'un récepteur sélectif déforme les courbes représentatives de l'énergie spectrale et peut déplacer la longueur d'onde du maximum.

Les résultats sont encore plus complexes et difficiles à analyser quand il s'agit d'un flux composé comme celui reçu par les actinomètres, si leur récepteur n'est pas intégral; ces résultats dépendent d'ailleurs en grande partie de la manière dont ces appareils dissipent l'énergie qu'ils reçoivent.

---

[1] On remarque sur cette photographie que la lame plissée paraît beaucoup plus *noire* que la lame plane; son pouvoir réflecteur ou diffusant est, en effet, plus petit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés physico-chimiques des particules colloïdales dites* micelles. Note de M. G. **Malfitano**, présentée par M. Roux.

J'ai entrepris la recherche expérimentale des propriétés micellaires de la manière suivante : établir la composition et les constantes physiques d'une liqueur colloïdale, et comparativement celles du liquide filtré au travers d'une membrane en collodion; lorsque ce filtrat représente le milieu intermicellaire inaltéré, la différence nous renseigne sur les propriétés micellaires (¹).

En appliquant la même méthode, J. Duclaux a apporté des résultats intéressants, qui ont paru contradictoires avec les miens; je vais montrer que la contradiction réside dans l'interprétation.

1° *La composition micellaire.* — Soit une solution de $FeCl^3$ contenant aFe et bCl (dans ce cas $b = 3a$); fraîchement préparée, elle traverse intégralement la membrane, mais, devenue colloïdale après hydrolyse, elle abandonne sur la membrane a'Fe, b'Cl qui constituent le colloïde; représentons la solution par

$$(a - a'\mathrm{Fe},\ b - b'\mathrm{Cl}) + (a'\mathrm{Fe},\ b'\mathrm{Cl});$$

le premier terme exprime la composition du liquide intermicellaire, le deuxième celle des micelles. Selon le mode et l'intensité de l'hydrolyse, a' et b' varient d'une manière continue et sans que $\frac{a'}{b'}$ soit constant. La composition du colloïde varie donc d'une manière continue, et doit être exprimée par des fractions d'atome. J. Duclaux avait conclu que c'est un composé unique qui ne vérifie pas les lois des combinaisons (²). J'ai constaté qu'on peut fractionner ces corps en portions de composition différente, et rien ne s'oppose à considérer les micelles comme des composés homologues, dont les chiffres fractionnaires expriment la moyenne.

2° *La pureté des solutions colloïdales.* — Expulsons par filtration le liquide intermicellaire et remplaçons-le par de l'eau pure; en répétant cette opération, la composition de la liqueur colloïdale devient $e'\mathrm{HCl} + (c\mathrm{Fe},\ e - e'\mathrm{Cl})$. C'est-à-dire que le milieu ne peut à aucun moment être considéré comme un solvant pur, mais il est constitué par une solution de HCl dont la quantité varie en fonction de la teneur en Cl du colloïde. La composition et les propriétés des micelles varient en même temps et sont en fonction du milieu. J. Duclaux était arrivé à la même conclusion avant moi par une autre voie. Mais si l'on a deux solutions dont l'une $e'\mathrm{HCl} + (c\mathrm{Fe},\ e - e'\mathrm{Cl})$ et l'autre $e''\mathrm{HCl} + (c\mathrm{Fe},\ e - e' - e''\mathrm{Cl})$ étant $e'' < e'$, c'est-à-dire que, dans la deuxième,

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 1221, et t. CXL, p. 1245.

(²) Duclaux, *Thèse de la Faculté des Sciences*, 1904; *Revue du Mois*, mars 1908.

le milieu se rapproche plus de l'eau pure, faut-il considérer la deuxième comme une solution colloïdale plus pure que la première, comme l'admet encore Duclaux [1]? Ce critérium de pureté me paraît en contradiction avec l'énoncé précédent, et je considère que, à mesure que le milieu se rapproche de l'eau pure, on est en présence d'états différents, d'un système variable, qui méritent d'être étudiés successivement.

3° *La conductivité électrique micellaire.* — Soient K la conductivité d'une solution colloïdale et k celle de son milieu. La différence $K - k$ exprimera-t-elle la conductivité micellaire? J. Duclaux, s'étant adressé à des solutions prétendues pures, a réalisé des conditions dans lesquelles $K > k$ [2]. En suivant toutes les modifications successives, j'ai constaté que tous les cas : $K < k'$, $K = k'$, $K > k'$, sont possibles [3].

La matière colloïdale se comporte comme un électrolyte faible en présence d'un autre électrolyte, et des actions réciproques doivent s'exercer qui modifient l'état de dissociation respectif. Ces résultats prouvent que la micelle a une conductivité propre, mais la différence $K - k$ ne peut directement servir à la mesurer.

4° *La pression osmotique.* — Faisons diminuer par filtration, dans un sac en collodion, le volume occupé par les micelles; selon leur composition elles formeront un dépôt, où, malgré la pression intérieure, elles resteront sous forme d'un liquide sirupeux qui atteint un volume limite. J. Duclaux a montré que, dans un cas où P avait varié de 1 à 80, V avait varié de 1 à 18. J'ai constaté, de plus, que le volume limite varie, non seulement avec la concentration en colloïde, mais aussi avec la concentration en HCl du milieu, et que la pression peut devenir inappréciable lorsque la concentration en colloïde est encore considérable. J. Duclaux a contesté ce dernier résultat, qui est la réciproque du fait par lui constaté de l'inconstance de PV. Il opine que ces phénomènes vérifient pour les colloïdes la théorie cinétique de l'osmose. Quant à moi, je pense que les véritables phénomènes osmotiques des micelles, étant trop faibles, nous échappent ou, en tout cas, doivent être masqués par des phénomènes de *coovolume*. Les micelles, étant des masses chargées électriquement, doivent se repousser lorsqu'on les rapproche, ce qui explique pourquoi P augmente beaucoup plus rapidement que V ne diminue.

5° *La cryoscopie des solutions micellaires.* — Soient Δ l'abaissement cryoscopique de la solution colloïdale et δ celui de son milieu. Les faits que je viens d'exposer nous font prévoir que la valeur $\Delta - \delta$ ne pourra pas nous servir directement à déterminer la masse micellaire, et qu'il n'y aura pas de concordance entre cette valeur et celle de P, comme Duclaux veut le démontrer. J'ai constaté, en effet, que Δ n'augmente pas lorsque la concentration en micelles augmente; dans certains cas même, elle peut diminuer et cela en même temps que la conductivité électrique. L'abaissement cryoscopique doit être dû surtout aux ions présents dans la liqueur, soit à ceux de HCl du milieu, soit à Cl de la micelle, ces derniers étant en très petit nombre. Lorsque les micelles se concentrent, la dissociation du système diminue et, partant, l'abaissement cryoscopique. La part attribuable aux micelles étant très faible, elle doit être couverte par les variations de l'état de dissociation.

(1) DUCLAUX, *Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 296.
(2) DUCLAUX, *Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 1468 et 1544.
(3) MALFITANO, *Comptes rendus*, t. CXXXIX, 1904, p. 1221, et t. CXLIII, 1906, p. 172.

Les données expérimentales de Duclaux ne sont donc pas en contradiction avec les miennes; elles se rapportent à des cas particuliers qui trouvent leur place dans la série de ceux que j'ai reconnus possibles.

Nous suivons, il est vrai, deux tendances opposées. Duclaux considérait d'abord les colloïdes comme des composés n'obéissant pas aux lois des proportions constantes, comme des matières absolument insolubles, mais capables tout de même de réagir avec les matières dissoutes dans le milieu, et constituées de granules juxtaposés formant un système solide à l'intérieur du liquide. Ensuite, en modifiant son point de vue, il s'efforce de montrer qu'ils obéissent à toutes les lois stéchiométriques, et il choisit exprès les cas les plus simples. Quant à moi, je me suis laissé guider dans toutes ces recherches par l'idée que les colloïdes sont des composés doubles formés de molécules insolubles associées avec 1^{mol} d'électrolyte et formant des ions complexes selon le schéma $(\mathrm{Mn\,A})^{\pm}\mathrm{B}^{\pm}$ (1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rôle de l'électrisation de contact dans la perméabilité des membranes aux électrolytes.* Note (2) de M. **Pierre Girard**, présentée par M. Dastre.

On sait que la membrane qui limite une cellule vivante est perméable à certains sels et très peu perméable à d'autres.

Quelle explication physico-chimique en peut-on fournir?

In vitro nous pouvons réaliser le schéma suivant : dans une pile de concentration nous intercalerons une membrane; les modifications possibles apportées au voltage de la pile (fonction du rapport des mobilités des ions) pourront nous fournir des indications précieuses.

En fait, comme nous l'avons montré (3), l'interposition d'une membrane bien lavée dans un couple constitué par deux solutions d'un sel neutre n'en modifie pas le voltage; c'est seulement dans les piles acides ou basiques contenant un excès, même très léger, d'ions H^+ ou OH^-, que l'interposition de la membrane abaisse celui-ci. La présence d'ions polyvalents, négatifs dans le cas des piles acides et positifs dans le cas des piles basiques, affaiblit le phé-

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 920.

(2) Présentée dans la séance du 5 avril 1909.

(3) *Comptes rendus*, séance du 4 mai 1908.

nomène. Nous retrouvons ici les règles formulées par M. Jean Perrin dans ses recherches sur l'électrisation de contact.

Si l'on se représente la membrane comme constituée par un faisceau de tubes capillaires, il y aura au contact d'une solution acide des charges positives adhérentes à la paroi du tube et des charges négatives en regard, dans la zone de contact de la veine liquide.

L'orientation de cette couche double sera inversée dans le cas d'une solution alcaline; une force tangentielle très faible (une différence de pression osmotique, par exemple, de part et d'autre de la membrane) déterminera le glissement de la veine. Des charges de signe contraire s'accumuleront aux extrémités des capillaires. Il naîtra une *force électromotrice* de *filtration* (Quincke).

La membrane ainsi polarisée réalisera l'image d'un feuillet magnétique dont le champ sera nécessairement de sens contraire au champ de diffusion de l'acide ou de la base.

Le voltage π' du couple liquide cloisonné par une membrane est la somme algébrique de deux différences de potentiel : celle du champ de diffusion de l'électrolyte et celle du champ du feuillet. La différence $\pi - \pi'$ (π désignant le voltage du couple non cloisonné) nous donnera donc le champ du feuillet.

Cette interprétation est susceptible d'une vérification quantitative. Un raisonnement dû à Helmholtz permet en effet de calculer la *force électromotrice de filtration*. Il suffit d'écrire l'équation d'équilibre entre le courant de convection que réalise le glissement des charges dans le sens de la force tangentielle et le courant de conduction produit au sein du liquide par la *force électromotrice de filtration*. On aboutit, tout calcul fait, à l'équation

$$E = \frac{\rho \varepsilon p}{4\pi\eta},$$

où ε désigne la différence de potentiel de la couche double, p la force tangentielle, η le coefficient de viscosité de l'eau, ρ la résistivité du liquide. Or le champ de polarisation du feuillet $(\pi - \pi')$ est en effet indépendant de son épaisseur et de sa section, varie comme ε, est proportionnel à p, et inversement proportionnel à η.

Ces faits connus, on pouvait supposer que l'existence d'un feuillet polarisé séparant deux solutions salines inégalement concentrées dût modifier profondément le jeu des forces électrostatiques qui interviennent dans la diffusion et par suite la vitesse de diffusion.

Pour déceler cette influence nous partirons de l'équation approchée de Fick

$$dq = \mathrm{D}s\frac{dc}{dx}\partial t.$$

Nous ferons constantes les quantités s (somme des sections capillaires), c (concentration de l'électrolyte), $\frac{dc}{dx}$ (chute de concentration).

Pour un temps t assez court et pour les sels neutres qui ne chargent pas la paroi, les quantités q diffusées devront être sensiblement proportionnelles aux coefficients D. Il n'en sera plus de même si notre conception est exacte pour les acides et les bases.

Voici quelques chiffres parmi ceux que nous avons recueillis à la température de 18° :

	$D.10^5$.	C.	L.	Q.	$\pi - \pi'$.
	centim.-sec.	g	m	g	volt
KCl	1,60	0,200	60	0,009	0,000
NaCl	1,00	»	»	0,0076	0,000
LiCl	0,90	»	»	0,007	0,000
NO^3H	2,60	»	»	0,0066	0,040
$C^2H^2O^4$	0,80	»	»	0,0048	0,012
$C^6H^8O^7$	0,40	»	»	0,0032	0,008
NaOH	1,25	»	»	0,0035	0,033

La plupart des acides monovalents et les bases qui diffusent dans l'eau plus rapidement que la plupart des sels neutres monovalents, diffusent à travers les membranes moins vite que ceux-ci.

L'abaissement de la perméabilité de la membrane est moindre pour les acides à ions négatifs di- et trivalents qui la chargent moins énergiquement par contact.

Tous ces faits accusent le rôle de la polarisation de la paroi dans sa perméabilité aux électrolytes.

En voici d'autres plus suggestifs peut-être au point de vue biologique.

Soit un couple liquide dont un élément sera constitué par de l'eau ou une solution diluée, l'autre par une solution concentrée d'un sel neutre à laquelle nous ajouterons une trace d'acide ou de base juste suffisante pour polariser la membrane interposée; si le champ du feuillet polarisé est de même sens que le champ de diffusion, le cloisonnement du couple en accroîtra le voltage, il l'abaissera dans le cas contraire. En outre, pour une certaine orientation de son champ, l'interposition du feuillet devra gêner la diffusion du sel; pour une orientation contraire, il la devra favoriser.

Or, si l'on fait diffuser à travers une membrane en gélatine de section *s* une solution de $MgCl^2$ normale, il passera en 30 minutes, à la température de 18°, 12^{mg} de ce sel à travers la membrane; si l'on acidule par une trace de HCl ($\frac{1}{100}$ normal d'acidité) cette même solution de $MgCl^2$ à la même température, à travers la même membrane et pendant le même temps (qui correspond à la durée de polarisation de la paroi), il n'en passera que 3^{mg},5.

Inversement une trace de soude dans une solution de NaCl saturée suffit à doubler presque pour ce sel la perméabilité d'une membrane en gélatine.

Si maintenant on suppose fixé le sens du champ du feuillet en prenant comme point de comparaison la perméabilité d'une paroi non polarisée, le feuillet témoignera d'une imperméabilité relative pour l'ion d'un sel et d'une perméabilité accrue pour l'ion d'un autre sel selon l'orientation du champ de diffusion.

Or, à l'intérieur d'une cellule vivante, le protoplasme n'est pas neutre (Hertwig, Schwann, Reinke, de Tries). Un léger excès d'ion H^+ ou OH^- suffira à la polarisation de la membrane; que cette polarisation joue son rôle dans la perméabilité de cette dernière aux électrolytes, c'est ce qu'il nous paraît légitime de supposer.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche du mouillage sur des laits altérés.* Note de MM. **André Kling** et **Paul Roy**, présentée par M. Troost.

D'une manière générale, la recherche et l'évaluation du mouillage d'un lait s'effectuent, comme on le sait, en déterminant quel est, pour 1 litre de lait, la valeur de l'extrait sec dégraissé.

Mais il arrive fréquemment, dans les expertises judiciaires, que les experts ont à analyser des laits conservés depuis plusieurs mois. Au cours de leur conservation, et malgré le bichromate de potasse qu'on leur ajoute, les laits s'altèrent plus ou moins profondément et subissent des fermentations multiples qui font passer une partie de leurs constituants fixes à l'état de produits volatils à 100°. Il en résulte que la valeur de l'extrait dégraissé d'un lait varie progressivement durant sa conservation et peut diminuer dans des proportions considérables pour un lait en voie de putréfaction.

Seul, parmi les constituants du lait, le beurre résiste assez bien aux diverses putréfactions; mais les résultats obtenus dans son dosage ne peuvent servir à rechercher et à évaluer un mouillage pour diverses raisons et, en particulier, par ce fait que la variation de cet élément dans un lait peut résulter soit d'un mouillage, soit d'un écrémage, soit de ces deux opérations simultanées.

Il est un autre élément qui reste également *invariable* dans un lait, quelque profondément altéré que soit celui-ci, pourvu qu'il ait été conservé dans un flacon bouché : c'est l'azote total correspondant à la matière albuminoïde du lait. Au cours de la putréfaction, cette dernière se dégrade peu à peu, mais se transforme en des produits azotés qui restent totalement en dissolution ou en suspension dans le lait altéré.

Dès lors, si l'on exprime le poids d'azote trouvé dans un lait corrompu en poids de matières albuminoïdes du lait (en multipliant le poids d'azote par le facteur 6,39), on obtient un nombre représentant le poids de matières albuminoïdes contenues primitivement dans le lait frais et l'on peut, de la considération de ce poids, conclure si le lait suspect est pur ou mouillé.

Si l'expert possède des échantillons de comparaison exactement comparables au lait suspect, l'évaluation pourra se faire en toute rigueur. Si, au contraire, il ne reçoit qu'un échantillon isolé, il devra, dans ce cas, recourir à la méthode des moyennes et comparer le poids de matières albuminoïdes obtenu au poids de 33^g, valeur moyenne des matières albuminoïdes contenues dans 1 litre de lait de dépôt. Ce second mode d'évaluation est naturellement moins précis que le premier; mais nous avons constaté sur de nombreux exemples que les limites d'incertitude entre lesquelles on oscille en opérant de la sorte sont à peu près les mêmes que celles qui encadrent le mode d'évaluation prenant pour base la valeur moyenne 90^g pour l'extrait dégraissé.

Le dosage de l'azote des laits altérés devra s'effectuer sur la totalité de l'échantillon, qu'on pèsera, acidulera avec de l'acide acétique, puis évaporera dans un matras chauffé au bain-marie et relié à une trompe à eau. Le résidu sec ainsi obtenu sera traité, dans le matras même, par la méthode Kjeldahl, et la solution de sulfate d'ammoniaque obtenue sera amenée à volume constant. Une partie aliquote de ce volume servira au dosage d'ammoniaque. Les résultats seront rapportés au volume du lait utilisé à l'analyse en divisant le poids de ce lait par 1,033, densité moyenne des laits.

En suivant ce mode opératoire, nous avons pu successivement et à *deux ans* d'intervalle analyser des laits et obtenir des résultats concordants.

Exemple :

	Matières albuminoïdes.	
	Lait frais.	Après 2 ans de conservation.
A	32,60	32,58
B	27,83	28,60

Comme justification de notre méthode en ce qui concerne la recherche du mouillage, nous donnons ci-dessous les résultats obtenus dans l'analyse de trois laits *exactement* comparables entre eux :

	I. Pur.	II. Mouillé à 5 pour 100.	III. Mouillé à 10 pour 100.
Extrait dégraissé (à l'état frais)	90,15	87,05	81,60
Matières albuminoïdes	34,31	32,20	30,99
Mouillage calculé sur :		Pour 100.	Pour 100.
Extrait dégraissé	0	3,5	9,5
Matières albuminoïdes (34,31)	0	6,2	9,7
Matières albuminoïdes (Moyenne = 33)	0	2,4	6,1

Dans ce Tableau, les deux derniers mouillages sont calculés : l'un sur le nombre de caséine 34,31 trouvé pour le lait pur, l'autre sur le nombre 33, valeur moyenne pour les laits de dépôt.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la suspension momentanée de la vie chez certaines graines.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. L. Maquenne.

Il y a quelques années, M. Maquenne (¹), après avoir démontré que des grains de blé peuvent résister pendant plusieurs mois à l'action d'un vide dépassant le centième de millimètre, sans perdre leur pouvoir germinatif, a émis cette idée que la vie des graines, ordinairement ralentie, peut, dans certaines conditions, être complètement suspendue. Comme cette hypothèse bien vraisemblable est encore très discutée par de nombreux physiologistes, il m'a paru intéressant d'en donner de nouvelles preuves en soumettant les graines aux actions combinées de la dessiccation, du vide et du froid.

On s'est servi, dans ces nouvelles expériences, de graines de luzerne, de moutarde blanche et de blé. Après avoir perforé leur tégument pour le rendre perméable, j'ai desséché ces graines dans le vide, en présence de baryte caustique, à la température de 40° et jusqu'à poids constant : la dessiccation a duré 6 mois. Les graines ont alors été introduites dans de petits tubes de verre qu'on a scellés après y avoir de nouveau fait le vide, avec une trompe à mercure de Berlemont, jusque vers le demi-millième de millimètre.

(¹) *Comptes rendus,* t. CXXXIV, p. 1243.

Les tubes ainsi préparés à Paris ont été transportés le 5 février 1908 chez M. Kamerlingh Onnes, au laboratoire cryogène de l'Université de Leyde, où, dans le courant du mois de février 1909, ils ont été soumis pendant 3 semaines à la température de l'air liquide et ensuite, pendant 77 heures et sans réchauffement préalable, à celle de l'hydrogène liquide (— 253°).

Dès leur retour à Paris, j'ai cassé les tubes et mis les graines qu'ils contenaient à germer sur du coton hydrophile, à une température constante de 28°.

Toutes les graines de moutarde et de luzerne ont levé au bout de quelques jours; sur cinq grains de blé, quatre germèrent. On n'a pu voir aucune différence entre la germination des graines témoins et celles qui avaient été mises en expérience.

Ces résultats confirment ceux déjà obtenus par M. Maquenne et par moi-même dans mon Mémoire sur la vie latente des semences ([1]); ils confirment également ceux de MM. Jobin, Raoul Pictet, Casimir de Candolle, Dyer, Mac Fayden, etc., sur l'action des mêmes influences; mais, en raison de la durée considérablement plus grande de mes expériences, et surtout de la superposition des effets combinés de la dessiccation, du vide et du froid, ces résultats sont encore beaucoup plus démonstratifs.

Dans l'impossibilité où nous sommes d'admettre que des graines au tégument perforé, ayant subi une dessiccation totale, un vide d'un demi-millième de millimètre pendant 1 an, enfin 3 semaines de refroidissement à — 190° et 77 heures à — 253°, aient pu vivre encore d'une vie extrêmement ralentie, j'estime que pendant ce temps l'arrêt de la vie a été complet, sans le moindre préjudice pour son retour ultérieur.

Le protoplasma ainsi conservé sans eau, sans oxygène, sous une pression presque nulle et à une température voisine du zéro absolu, devient aussi rigide, aussi dur et aussi inerte qu'une pierre; son état colloïdal, nécessaire aux manifestations physico-chimiques de l'assimilation et de la désassimilation, disparaît donc totalement.

La démonstration expérimentale de l'arrêt complet de la vie chez certaines graines, sans modification de leur pouvoir germinatif, a une assez grande importance biologique; elle porte surtout atteinte à la loi de la continuité des phénomènes vitaux, si souvent invoquée par les physiologistes.

Selon cette loi, la vie est une suite de phénomènes ininterrompus qui, dans aucun cas, ne peuvent subir le moindre arrêt, sans qu'il en résulte fatalement la mort; transmise de générations en générations, depuis sa première apparition sur la terre, elle n'aurait jamais offert et ne saurait offrir aucune discontinuité.

([1]) *Annales des Sciences naturelles : Botanique*, 9e série, 1907.

Mes expériences, jointes à celles de mes prédécesseurs, me semblent montrer que, au moins dans les cas rapportés ci-dessus, une pareille interruption de la vie est non seulement possible, mais réelle, sans qu'aucun indice puisse faire soupçonner l'existence d'une limite à sa prolongation.

En terminant, j'adresse ici à M. Kamerlingh Onnes, l'éminent physicien de Leyde, mes plus vifs et bien sincères remercîments, car c'est surtout à son concours dévoué et au merveilleux outillage de son laboratoire cryogène que j'ai pu mener à bonne fin toutes ces recherches.

Observations au sujet de la Communication de M. Paul Becquerel sur la suspension momentanée de la vie chez certaines graines; par M. **Armand Gautier.**

Dans la première édition de mon *Cours de Chimie biologique*, parue en 1891, je disais (p. 4) que la vie dite *latente* (Cl. Bernard) des graines ou même des animaux inférieurs, tels que les Rotifères, n'était pas une vie réduite au minimum, mais une vie *suspendue* ou *nulle*. Ce sont, écrivais-je, « des machines aptes à fonctionner, des horloges montées prêtes à marquer l'heure. Ces organismes ne deviennent le siège des manifestations qui constituent l'état de vie que si ... l'humidité, la chaleur, une première vibration communiquée leur fournissait les conditions nécessaires à leurs transformations ». M. Jodin, entre autres, a démontré que certaines graines pouvaient être conservées des années dans de l'air, sur la cloche à mercure, sans dégager une quantité sensible d'acide carbonique, ni absorber d'oxygène. Ces graines cependant peuvent, après 12 et 15 ans, germer et se développer, souvent dans la proportion de 50 pour 100 et plus. Il faut seulement qu'elles ne soient pas trop riches en corps gras oxydables.

Toutefois et quoiqu'il n'y ait aucun dégagement de vapeur d'eau ou d'acide carbonique ou aucune absorption d'oxygène, par conséquent en apparence aucun fonctionnement, il se produit dans ces graines quelque chose qui pourrait fournir encore peut-être un peu d'énergie utilisable : leurs granules d'aleurone, prodéides légèrement phosphorés et amorphes, y passent, petit à petit, à l'état cristallisé. Il semble que, quand cette cristallisation est complète, la graine ne trouvant désormais plus en elle-même aucune source d'énergie perd dès lors sa faculté germinative.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'abaissement énergique du diaphragme.* Note de M. A. **Thooris**, présentée par M. d'Arsonval.

Au cours de recherches que nous avons poursuivies au sujet de la transformation rapide de l'état général et fonctionnel des malingres dans l'armée par une gymnastique respiratoire consistant dans un abaissement énergique du diaphragme, nous avons été amené à étudier, par la radioscopie et la méthode graphique, les conditions de cet abaissement et son influence sur l'ampliation des autres parties du thorax.

Cette Note résume les résultats de cette étude.

Soit un sujet à paroi abdominale complètement relâchée et incapable de donner à ses muscles abdominaux le tonus normal. Il est couché sur une table [1] et muni de cinq pneumographes fixés en haut et en bas du sternum, à l'épigastre, au-dessus et au-dessous de l'ombilic. Si l'observateur exerce une pression verticale sur le haut de l'abdomen, aucune des courbes thoraciques n'est modifiée; si la pression s'exerce sur le bas-ventre, l'amplitude costo-diaphragmatique augmente du tiers de la hauteur qu'elle avait sans pression; la même pression sur la région ombilicale double l'amplitude de la courbe costo-diaphragmatique et triple celle de la courbe costale supérieure.

L'examen radioscopique nous a permis d'autre part de constater chez de nombreux sujets, debout ou couchés, que l'abaissement du diaphragme était considérablement accru par une pression exercée au niveau de l'ombilic, normalement à la paroi abdominale. Si on n'exerce pas de pression, on voit les poumons clairs plongés dans les sinus costo-diaphragmatiques, mais les masses sombres du péricarde et du diaphragme continuent à se confondre. Avec pression au contraire, on voit en outre une zone claire intercalaire s'établir entre les masses sombres du diaphragme et du péricarde et la hauteur de cette zone peut atteindre jusqu'à la somme de deux espaces intercostaux et demi.

Au lieu de comprimer l'abdomen du sujet qui respire, on peut provoquer, au moment de l'inspiration, une contraction de ses obliques et de ses transverses. On obtient ainsi un resserrement abdominal qui a pour résultat une descente énergique du diaphragme comparable à celle que l'observateur avait déterminée en exerçant sur l'abdomen une pression extérieure.

Ainsi donc l'augmentation d'amplitude de la courbe costo-diaphragmatique ne donne la mesure certaine de l'abaissement du diaphragme que si la courbe sus-ombilicale indique une rétraction abdominale. Quand l'abdomen se gonfle en inspiration, la courbe diaphragmatique, si haute que soit l'am-

[1] La table du Dr Gagey convient très bien à cet effet.

plitude de ses oscillations, peut fort bien coexister avec une inactivité complète du diaphragme.

Non seulement la rétraction intensive de la paroi abdominale au moment de l'inspiration suscite l'abaissement énergique du diaphragme et l'ampliation costo-diaphragmatique consécutive, mais elle augmente encore l'expansion du thorax à tous ses niveaux.

Un sujet inspirant alternativement avec rétraction abdominale et sans rétraction, augmente l'amplitude de sa courbe costale supérieure de plus d'un tiers au moment de la rétraction, En même temps celle-ci restitue à toutes les courbes la régularité et l'isochronisme qui leur faisaient défaut.

Le même sujet fait une inspiration avec gonflement de la paroi abdominale jusqu'à la limite de son effort inspiratoire. Si, à cet instant limite, il rétracte sa paroi abdominale, les courbes thoraciques s'élèvent encore d'un cinquième au-dessus du niveau où elles étaient parvenues avant la rétraction.

Les physiologistes (1) ont montré que l'abaissement énergique du diaphragme entraînait un affaissement de la cage thoracique supérieure. Nous avons observé, au contraire, l'ampliation du haut du thorax sans doute due à l'antagonisme des muscles sterno-mastoïdiens. On se rend compte du rôle de ces muscles en augmentant leur action par l'extension de la tête. Un supplément d'élévation de la poignée du sternum résulte de cette manœuvre. L'extension de la tête exagère l'ampliation de la partie supérieure du thorax. Il suffit d'enregistrer simultanément l'élévation de la poignée du sternum et l'augmentation du périmètre costal supérieur, en ayant soin de recueillir les courbes en sens inverse, pour se rendre compte que si, sans extension, les points les plus rapprochés des deux courbes restent à près de 40^{mm} l'un de l'autre; avec extension, les courbes se croisent.

L'examen de la courbe sus-ombilicale présente le plus grand intérêt. Chaque oscillation de la courbe révèle deux mouvements successifs de resserrement adominal. Le premier mouvement se produit de $\frac{3}{10}$ à $\frac{5}{10}$ de seconde avant le mouvement de descente diaphragmatique; le second mouvement correspond à l'expiration.

Conclusions. — Les physiologistes (2) ont établi que le diaphragme dans la respiration normale se crée à lui-même la résistance abdominale qui lui est nécessaire pour appuyer son action. Dans le mode de respiration que nous avons étudié, la paroi abdominale n'agit plus seulement secondaire-

(1) Paul Bert, François Franck.

(2) François Franck.

ment par son tonus et la tension intra-abdominale qui en résulte, mais elle agit primitivement par l'intervention spontanée et intensive de son système musculaire qui va au-devant du diaphragme pour provoquer énergiquement sa descente. On ne doit point considérer le gonflement de l'abdomen au moment de l'inspiration comme traduisant l'augmentation du champ respiratoire conquis par les poumons sur la cavité abdominale. Cette augmentation du champ respiratoire conquis par les poumons est singulièrement plus considérable si l'intervention énergique de la paroi abdominale vient donner au diaphragme le renfort que son point d'appui exige pour remplir tout l'effet du levier du troisième genre dont il est susceptible. Le temps qui sépare l'action musculaire abdominale de l'action musculaire diaphragmatique correspond bien à la phase de point d'appui qui prépare la phase de descente.

Pratiquement, cette notion de l'influence de la rétraction abdominale intensive sur la descente énergique du diaphragme nous a servi à transformer fonctionnellement, en moins de trois semaines, des hommes inaptes à supporter les fatigues du service. Le surcroît d'hématose qui a suivi cette gymnastique, exclusivement abdomino-diaphragmatique, a valu à nos sujets d'expérience une résistance nouvelle et inattendue qui a intéressé au plus haut point le commandement.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les diastases du lait.* Note de MM. **F. Bordas** et **F. Touplain**, présentée par M. d'Arsonval.

On différencie le lait cru du lait cuit en utilisant un certain nombre de réactions colorées produites par l'addition au lait de teinture de gaïac ou de certains dérivés phénoliques.

Ces colorations, d'après Dupouy, Raudintz, Gilleb, Barthel, pour ne citer que les principaux auteurs, sont dues à l'existence dans le lait de vache d'un principe capable de provoquer des réactions oxydantes, et il est admis actuellement que le lait de vache en particulier contient des catalases, des peroxydases, etc.

Dupouy, le premier, a fait remarquer que les colorations produites par le lait cru avec le gaïacol, comme avec la paraphénylène-diamine, sont dues à l'action d'une oxydase particulière que contient le lait et à laquelle il a donné le nom de *lactanacroxydase*.

Cette oxydase, qui se détruit comme les autres diastases à la température

de 80°, décompose l'eau oxygénée et met l'oxygène à un état moléculaire tel qu'il peut exercer une action immédiate sur les substances facilement oxydables, telles que le gaïacol et la paraphénylène-diamine (¹).

Ayant, dans le cours de recherches que nous poursuivons sur un autre sujet, à nous appuyer sur ces réactions colorées, nous avons dû les étudier d'un peu plus près, et c'est le résultat de ces observations que nous faisons connaître.

Pour déceler la présence de ces ferments, certains auteurs, Arnold, Ostertag, etc., ont préconisé l'emploi de la teinture de gaïac; d'autres auteurs, Rubner, Breteau, Glage, etc., préfèrent utiliser la teinture de résine de gaïac, la teinture ammoniacale de résine de gaïac, etc.

On admet, depuis les nouvelles recherches de Storch, de Freemann, de Schæffer, qu'il est préférable de se servir de la paraphénylène-diamine en présence d'eau oxygénée, ce dernier réactif fraîchement préparé étant plus simple, plus fidèle et plus sensible que les réactifs au gaïac ou à l'iodure de potassium.

Nous n'examinerons pas pour le moment s'il existe réellement des catalases ou des peroxydases dans le lait; nous nous bornerons à prouver que les réactions basées sur la décomposition de l'eau oxygénée n'ont pas besoin, pour se produire dans le lait, de l'hypothèse de ces ferments.

Prenons un lait préalablement porté à 80°, lait qui ne donne pas de réaction colorée avec le réactif de Storch ou le réactif de Du Roi et Köhler; centrifugeons-le pendant 15 minutes. On obtient ainsi la crème à la partie supérieure et un dépôt au fond du tube. Faisons agir le réactif de Storch; on constate que :

1° La crème donne une réaction positive;

2° Le liquide décanté donne une réaction négative;

3° Le résidu broyé dans l'eau donne une réaction positive.

Il résulte donc que, suivant qu'on prend l'une ou l'autre des trois parties du lait, on obtient des résultats différents. Les résultats sont les mêmes avec des laits portés à 100° ou à 120°.

Si l'on extrait la caséine d'un lait cru, on obtient avec le réactif de Storch un abondant dégagement d'oxygène et une coloration bleue très intense. En répétant l'expérience avec de la caséine broyée dans de l'eau provenant de laits portés à 80°, 100° et 120°, les résultats sont identiques.

Filtrons sur une bougie Berkefeld du lait cru sous une pression de 6^{kg}, le liquide filtré ne donne pas la réaction; faisons maintenant bouillir la caséine d'un lait cru avec ce liquide filtré sans la malaxer, on n'obtient pas de décomposition de l'eau oxygénée et il ne se produit pas de coloration bleue.

(¹) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. XVII, 1903.

Prenons maintenant du lait bouilli additionné au préalable du réactif de Storch, mettons quelques fragments de pierre ponce, ou portons le tout à une douce température; la réaction se produit. C'est, en passant, un moyen de déceler la présence de l'eau oxygénée ajoutée au lait chauffé, ce qu'on ne pouvait faire jusqu'à présent.

De ces expériences il résulte que c'est la caséine ou plutôt le caséinate de chaux qui décompose l'eau oxygénée, et, si cette action ne se produit pas dans le lait bouilli, cela tient à ce que la caséine soluble de Duclaux se précipite sur la caséine en suspension, forme une sorte d'enduit qui empêche la décomposition de l'eau oxygénée et, par conséquent, la réaction colorée de Storch ou de Du Roi.

PHYSIOLOGIE. — *Innocuité relative de l'acide carbonique dans les couveuses artificielles.* Note [1] de M. **Lourdel.**

Expérimentant une nouvelle couveuse dans laquelle les œufs sont exposés au courant d'air chaud d'un calorifère, j'ai voulu me rendre compte de ce qui arriverait si, par suite d'un accident survenu à la tuyauterie pendant une incubation, les gaz de combustion souillaient plus ou moins l'air destiné normalement à passer seul.

J'ai, dans ce but, mis les choses au pire, et dirigé dans la chambre à œufs tous les gaz de combustion des brûleurs de Bunsen à gaz de houille qui servaient à chauffer mon petit calorifère; le papier bleu de tournesol plongé dans l'atmosphère de la couveuse prenait alors rapidement la teinte lie de vin. J'ai obtenu néanmoins 60 pour 100 d'éclosions sur les œufs reconnus bons au mirage le dixième jour; les œufs qui restaient étaient atteint de pourriture, ce qui provenait évidemment de l'excès de vapeur d'eau dégagée par le gaz en brûlant : l'acide carbonique, par contre, ne me parut avoir commis aucun méfait.

Cette première expérience, en même temps qu'elle me rassurait sur les conséquences d'un léger dérangement du calorifère, me fit penser que les aviculteurs s'exagéraient la nocivité de l'acide carbonique; aussi, je résolus de ne pas m'en tenir là et de faire une nouvelle incubation à l'acétylène dans les mêmes conditions.

A production égale de chaleur, ce gaz, on le sait, dégage plus d'acide carbonique et moins de vapeur d'eau que le gaz de houille. Malheureusement, les brûleurs de Bunsen à acétylène ne marchent bien qu'à pleine flamme : ils s'éteignent ou brûlent à l'intérieur, quand on les branche sur un régulateur de température; force me fut donc

(1) Reçue dans la séance du 5 avril 1909.

d'employer des becs éclairants ordinaires qui n'assurent qu'une combustion incomplète, et ceci déjà pouvait nuire aux embryons. En outre, un accident survint en cours d'incubation; le treizième jour, une buée blanchâtre envahit la pièce où fonctionnait la couveuse, et je n'y portai remède que 5 jours après, lorsque je me rendis compte de son origine bien simple, l'épuisement de la substance épuratrice de l'acétylène.

Malgré tout, j'obtins 71 pour 100 d'éclosions sur les œufs reconnus bons au mirage le dixième jour, et, cette fois, pas d'œufs pourris : les œufs qui restaient contenaient, pour la plupart, des poussins morts pendant les derniers jours de l'incubation. Les nouveau-nés, à la vérité, me semblèrent un peu moins vifs que ceux venus dans l'air pur : leur éducation cependant ne présenta pas de difficulté.

Ces deux expériences montrent combien se trompent les fabricants de couveuses et les aviculteurs qui, attribuant trop exclusivement la mortalité en coquille à l'acide carbonique dégagé par les embryons, cherchent à évacuer ce gaz en tablant sur sa densité. Ce dont il faut se préoccuper plutôt, ce sont des poisons volatils exhalés par les embryons en même temps que l'acide carbonique, poisons que nous ne savons pas déceler et encore moins mesurer, et que nous pouvons tout au plus supposer émis en quantité proportionnelle au gaz carbonique. Quant à celui-ci, il n'a par lui-même qu'une nocivité très faible.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les inégalités du potentiel électrique en divers points de l'organisme.* Note de MM. **J. Audrain** et **R. Demerliac**, présentée par M. E. Bouty.

Deux points symétriques du corps humain ne sont pas forcément au même potentiel dans un organisme sain; nous l'avons observé d'une façon absolument générale au moyen de l'électromètre capillaire.

Les contacts étaient établis sur la peau au moyen de petits tampons formés par les bouts de mèches de coton hydrophile introduites dans des tubes de verre ou de caoutchouc. Ces tubes formaient siphons et se trouvaient remplis de la solution physiologique de sel marin; ils plongeaient par leur extrémité effilée dans un tube plein de la même solution et communiquant par sa base avec un autre tube, contenant la solution de sulfate de zinc pur de même densité que la solution physiologique.

On réalisait ainsi des électrodes impolarisables qui pouvaient se maintenir plusieurs jours sans introduire de force électromotrice appréciable dans le circuit; la vérification était facile en réunissant les tampons de coton directement; il n'y avait pas de déplacement de la colonne mercurielle.

L'organisme étant à l'état physiologique, si les tampons sont saisis à droite et à gauche entre le pouce et un autre doigt de la main sans contraction, la main droite paraît être à un potentiel plus élevé que la gauche.

La différence observée est un peu variable avec l'individu, l'heure de la journée, l'état de la digestion, la surexcitation nerveuse; elle est en moyenne de $0^{volt},01$, mais elle peut atteindre $0^{volt},03$ et descendre à $0^{volt},005$.

Nous avons observé les mêmes phénomènes en prenant deux points symétriques des bras. La différence de potentiel a lieu dans le même sens quelle que sóit la place choisie, mais elle semble diminuer un peu à mesure que s'éloignant de la main on se rapproche de l'épaule.

Si les tampons sont appliqués l'un sur la face interne de l'avant-bras, l'autre sur la face externe, cette dernière paraît être négative par rapport à la première.

Une contraction faite d'un seul côté augmente considérablement la différence de potentiel, qui peut atteindre $0^{volt},05$, la main droite restant toujours positive. La polarité conserve son signe, mais s'accentue.

Dans l'état de résolution musculaire le sens de la différence de potentiel peut changer, c'est-à-dire que la main droite semble négative par rapport à la gauche; mais, si l'organisme est sain, une forte contraction faite d'un seul côté donne aux deux mains leur polarité normale; l'effet de cette contraction est en général passager. Il n'en est plus de même si l'on soumet le sujet à l'action des courants alternatifs à haute fréquence; 5 à 10 minutes de passage dans le grand solénoïde suffisent pour faire cesser l'inversion des polarités et l'effet est durable. Une effluvation généralisée à l'aide du résonnateur Oudin paraît être moins active que l'autoconduction; mais la d'Arsonvalisation tend d'une manière générale à ramener la différence de potentiel au sens normal, tout en diminuant sa valeur.

La grandeur de la différence de potentiel mesurée pour un même sujet est peu influencée par la fatigue musculaire, mais elle l'est fortement par les troubles dyspeptiques, la fatigue nerveuse, les excitants (tabac, alcool).

Enfin, dans les cas pathologiques, le sens, la grandeur de la différence de potentiel subissent des changements considérables.

MÉDECINE. — *La congestion passive du foie et l'hypertension artérielle.* Note de MM. E. **Doumer** et G. **Lemoine**, présentée par M. d'Arsonval.

Parmi les malades qui présentent de l'hypertension artérielle il en est un certain nombre dont le foie est hypertrophié. C'est là un fait bien connu qu'on explique par une action directe des causes de l'hypertension et de l'artériosclérose sur la glande hépatique elle-même. Nous avons rencontré quelques malades hypertendus chez qui le volume du foie semblait être lié à l'hypertension et dépendre uniquement d'elle. Chez ces malades, en effet, l'hypertrophie du foie diminuait à mesure que, sous l'influence de la d'Ar-

sonvalisation, la tension artérielle diminuait elle-même et disparaissait complètement lorsque la tension était redevenue normale. Voici les faits que nous avons observés.

Observation I. — M. V..., 52 ans, que l'un de nous soigne depuis plus de 10 ans pour des troubles divers dus à l'artériosclérose, présente une aorte dilatée, un pouls tendu, *un foie volumineux* et des reins parfois insuffisants. Il y a un an il eut un petit ictus congestif qui provoqua de l'hémiparésie droite et une légère aphasie. Des émissions sanguines répétées en eurent raison, mais les phénomènes congestifs auxquels il était sujet nécessitaient une hygiène sévère et des purgatifs répétés. Malgré ces soins *le foie restait gros* et l'état général du malade peu satisfaisant. Nous le vîmes, le 10 décembre 1908, à la suite d'un nouveau léger ictus. Tension 24 P., visage rouge et congestionné, les bruits du cœur fortement frappés, surtout ceux de l'aorte; urines peu abondantes sans albumine, *foie très hypertrophié* et *dépassant les fausses côtes de trois travers de doigt, sensible à la pression, son exploration prolongée provoquait des nausées.* Cet état de la glande hépatique qui dure, avec des variations, depuis plus de 10 ans, nous avait d'abord fait penser à une altération primitive de cet organe. On lui fait ce jour-là une séance de d'Arsonvalisation de 6 minutes avec un champ de 0,295 U. M. P.; on en fait une seconde le lendemain dans les mêmes conditions.

La tension tombe à 16 P.; le foie *ne déborde plus que d'un travers de doigt et n'est plus sensible à la pression.* Le 11 janvier 1909, la tension est restée sensiblement au même point (17 P.), le foie ne *déborde plus du tout les fausses côtes et sa zone de matité est normale.* De plus, tous les phénomènes congestifs ont complètement disparu. La guérison s'était maintenue parfaite à la fin de mars 1909.

Observation II. — M. Ann., 54 ans, vu pour la première fois en octobre 1908 pour de l'œdème pulmonaire dû à de l'artériosclérose. Cœur gras, battements irréguliers, pouls mou, *foie très gros,* urines rares. Un régime très sévère améliore considérablement son état, mais il éprouve encore des battements de cœur, des battements dans les oreilles; état pléthorique très accusé, urines toujours rares, visage vultueux, tension 32 P. et 108 pulsations; *foie toujours très gros; il remonte au troisième espace intercostal et déborde les fausses côtes de quatre travers de doigt.*

On fait quatre séances de d'Arsonvalisation en janvier et février 1909, avec champ de 0,305 U. M. P. Le 5 février la tension est tombée à 17 P. et le pouls à 76; tous les malaises ont disparu; *le foie ne déborde plus que de deux travers de doigt et le lobe gauche, en particulier, s'est beaucoup rétracté. Par en haut la matité ne dépasse pas la sixième côte.*

Observation III. — M. d'Ar..., 42 ans, a habité le Gabon où il a eu de l'impaludisme. Le 6 janvier 1909 il vient nous voir pour des malaises généraux (battements artériels précipités, réveils en sursaut avec gêne précordiale, bouffées congestives à la face, mictions fréquentes la nuit, lourdeur de tête, etc.). Tension 26 P., bruits du cœur lourdement frappés, aorte volumineuse, temporales sinueuses, dyspnée légère à la marche et après les repas. *Le foie déborde de deux travers de doigt, le lobe gauche déborde largement jusqu'à la ligne médiane.*

Après trois séances de d'Arsonvalisation de 6 minutes et avec champ de 0,305 U. M. P., la tension tombe à 16,5 P.; *le foie déborde à peine les fausses côtes, le lobe gauche*

s'est considérablement rétracté. En haut la matité s'arrête comme avant le traitement à la sixième côte.

Observation IV. — M. Seg..., 71 ans, se plaint d'avoir, depuis plusieurs années, la tête lourde, de la rougeur de la face, de l'engourdissement des pieds; parfois vertiges et somnolence. Le 23 décembre 1908, *le foie déborde d'un travers de doigt, la matité hépatique atteint le mamelon.* Tension 21 P. Après huit séances de d'Arsonvalisation avec champ de 0,295 à 0,320 U. M. P., tous les symptômes congestifs ont disparu; la tension est tombée à 15,5 P.; *foie presque plus débordant par en bas* mais remonte toujours jusqu'au mamelon.

Évidemment il ne s'agissait dans aucun de ces cas d'affections primitives du foie. La disparition en général si rapide et si complète de l'hypertrophie de cet organe accompagnant le retour si rapide et si complet de la tension artérielle à la normale, sous l'influence de la médication hypotensive de M. Montier, ne peut guère s'expliquer que si l'on admet une corrélation très étroite entre l'hypertension et l'augmentation du volume du foie. On n'aurait eu à faire, dans ces cas, qu'à une hyperhémie de cet organe causée par la gêne de la circulation générale et entretenue par elle. On peut se demander si beaucoup des congestions hépatiques que l'on constate chez des hypertendus n'ont pas la même cause et ne sont pas justiciables de la même thérapeutique.

ZOOLOGIE. — *Sur les Hydroïdes de la collection Lamouroux.* Note de M. **Armand Billard**, présentée par M. E. Perrier.

Dans cette Note j'indiquerai la synonymie des espèces de Lamouroux, que la priorité soit acquise ou non aux noms créés par cet auteur ([1]). Je m'occuperai seulement des espèces douteuses ou indéterminées que j'ai pu retrouver.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma reconnaissance à M. le Professeur Lignier, de la Faculté de Caen, qui m'a accordé toute facilité pour étudier la collection Lamou-

---

([1]) Ces espèces sont décrites dans les trois Mémoires suivants : *Histoire des Polypiers coralligènes flexibles* (1816); *Exposition méthodique de l'ordre des Polypiers* (1821); *Description des Polypiers flexibles* (1824), *in :* Quoy et Gaymard, *Voyage autour du monde exécuté sur les corvettes l'*Uranie *et la* Physicienne, etc. Dans le cours de cette Note les espèces appartenant à l'un ou à l'autre de ces Mémoires seront indiquées par les dates correspondantes.

roux dont il a la charge; je remercie aussi le Conservateur des Collections, M. Lortet, qui a facilité mes recherches.

L'*Aglaophenia flexuosa* Lamx. (1816) correspond au *Thecocarpus Giardi* Billard et prendra le nom de *T. flexuosus* (Lamx.); l'*A. spicata* Lamx. (1816) est identique au *Lytocarpus secundus* (Kchp.); mais comme je l'ai indiqué précédemment cette forme n'est autre que le *Sertularia pennaria* Linné et doit alors porter le nom de *L. pennarius* (L.). L'*A. crucialis* Lamx. (1816) n'est pas identique au *Plumularia brachiata* Lamk., comme on l'admettait jusqu'alors, la forme qui correspond à l'espèce de Lamouroux a été décrite plus tard par Bale, sous le nom d'*A. macrocarpa*, nom qui doit tomber en synonymie; il est donc nécessaire de rétablir l'espèce lamarckienne, *Pl. brachiata*, sous le nom de *Thecocarpus brachiatus* qui est semblable, comme je l'ai signalé ailleurs, à l'*A. carinata* Bale.

L'état de conservation de l'*A. pelagica* Lamx. (1816) ne permet pas d'en voir les caractères d'une façon nette. Cependant il paraît très probable qu'il s'agit là de l'*A. latecarinata* Allm. L'*A. glutinosa* Lamx. (1816) ne diffère pas de l'*Heteroplon pluma* Allm. qui tombe en synonymie et cette forme doit porter le nom de *Plumularia glutinosa* (Lamx.); elle n'a pas, en effet, les caractères du genre *Aglaophenia* et le genre *Heteroplon* n'est pas pour moi justifié. L'*A. gracilis* Lamx. (1816) est vraisemblablement identique à *Antennularia ramosa* Lamk., les articles des hydroclades sont, en effet, semblables à ceux de cette espèce, mais les dactylothèques sont tombées; quant à l'*A. amathioides* Lamx. (1816), il s'agit de jeunes colonies de l'*Hydrallmania falcata* (L.).

Le *Dynamena sertularioides* Lamx. (1816) paraît identique à l'espèce qu'il décrivit plus tard sous le nom de *Sertularia tubiformis* Lamx. (1821). Le *D. barbata* Lamx. (1816) appartient aux Bryozoaires, c'est le *Dimetopia spicata* Busk, comme me l'a indiqué M. le Professeur S.-F. Harmer, Directeur du British Museum, que je remercie d'avoir bien voulu me déterminer cette espèce; à mon avis on doit maintenant nommer cette forme *Dimetopia barbata* Lamx. qui a la priorité. Le *Dynamena obliqua* Lamx. (1816) ne diffère en rien du *Pasythea quadridentata* Ell. et Sol., mais correspond à la variété que j'ai appelée *P. q. Balei*. Le *D. turbinata* Lamx. (1816) est identique au *Sertularia loculosa* Busk typique qui doit alors tomber en synonymie; quant au *D. divergens* Lamx. (1816), il est semblable au *Sertularia bicuspidata* Lamk. et je lui conserverai ce dernier nom.

Le *Sertularia tridentata* Lamx. (1816) par ses caractères n'est autre que le *Sertularella lata* (Bale); cette forme doit donc s'appeler dorénavant *Sertu-*

larella tridentata (Lamx.). Le *S. dentata* Lamx. (1816) montre les caractères du *Thuiaria cupressina* et il s'agit pour moi d'un fragment de colonie ou d'une jeune colonie de cette espèce; il en est de même du *S. splendens* Lamx. (1816). Le *S. scandens* Lamx. ne diffère du *S. elongata* Lamx. (1816) que par la taille plus petite, on a affaire à de jeunes colonies de cette espèce bien connue. Le *S. rigida* Lamx. (1816) est une espèce bien particulière dont je donnerai plus tard une figure. Les caractères du *S. distans* Lamx. (1816) sont les mêmes que ceux du *Sertularella laxa* Allm. et *S. mediterranea* Hartl. et à cette forme doit être maintenant réservé le nom de *Sertularella distans* (Lamx.). Enfin le *Sertularia arbuscula* Lamx. (1816) possède les mêmes caractères que le *Sertularella arborea* Kchp. et le nom de *Sertularella arbuscula* (Lamx.) doit être substitué à ce dernier.

Je crois pouvoir identifier le *Laomedea simplex* Lamx. (1816) avec le *Campanularia tridentata* Bale, qui prendra alors le nom de *Thyroscyphus simplex*. Le *Salacia tetracythara* Lamx. (1816) est semblable au *Thuiaria fenestrata;* le nom de *Thuiaria tetracythara* a donc la priorité.

Le *Cymodocea ramosa* Lamx. (1816) n'est autre que l'*Antennularia antennina* (L.); l'échantillon étiqueté *C. simplex* est aussi vraisemblablement *A. antennina*, mais il n'est pas sûrement le type. Le *C. annulata* est indéterminable; il s'agit de la base de tiges d'Antennulaires, selon toute probabilité. J'ai trouvé une espèce étiquetée par Lamouroux *Cymodocea capillamentosa* et qui doit être le *C. comata* décrit par cet auteur (1821); il s'agit d'un rameau d'*Antennularia ramosa* Lamk. sur lequel sont fixées des colonies de *Plumularia setacea*.

Le *Lafoea cornuta* Lamx. (1821) possède tous les caractères du *L. dumosa* Flemg. et doit tomber en synonymie.

Le *Plumularia Gaymardi* Lamx (1824) est en assez mauvais état; cependant il laisse reconnaître, outre la dactylothèque médiane inférieure, deux dactylothèques latérales; les articles intermédiaires portent aussi une dactylothèque qui est le plus souvent tombée, aussi suis-je porté à penser qu'il s'agit d'une variété de *P. setacea* à articles courts et trapus.

Avec ce qui reste du *Dynamena brevicella* Lamx. (1824), on peut reconnaître le *Sertularia operculata* L.; pour le *Sertularella unilateralis* (Lamx.) (1824), j'ajouterai que les hydrothèques sont à trois dents et qu'il y a trois épaississements internes correspondant à l'intervalle des dents.

La figure du *Thuiaria crisioides* (Lamx.) (1824) donnée par l'auteur est conforme au type, mais les articles sont plus marqués. La hauteur des hydrothèques est de 525^{μ} et leur largeur 140^{μ}-175^{μ}.

MÉTÉOROLOGIE. — *Orage sur mer*. Note de M. le commandant **Halluitte**, présentée par M. J. Violle.

Dans la nuit du 17 au 18 février 1909, le quatre-mâts *Ville-du-Havre*, par 33° de latitude Sud et 38° de longitude Ouest environ, éprouva un coup de vent du Nord au Nord-Ouest, accompagné d'un des orages les plus formidables que j'aie vus.

Les éclairs, qui ont *commencé à* 7^h *du soir et qui ont duré de façon continue jusqu'à minuit*, étaient terrifiants. Les pommes des mâts flambaient comme des cierges allumés, des flammes se promenaient sur les manœuvres, et, chose très curieuse, la chambre de veille, qui avait été peinte en gris 2 jours auparavant, devenait lumineuse pendant plusieurs secondes après certains éclairs.

J'ai cru d'abord que ce n'était là qu'un effet de l'impression produite sur l'œil par l'éclair; mais, m'étant mis bien à l'abri des éclairs, j'ai pu constater le phénomène plusieurs fois encore.

Les décharges électriques étaient très rapprochées, et les éclairs, au lieu de serpenter en zigzag, comme on le voit le plus ordinairement, *avaient la forme de bolides qui s'épanouissaient en envoyant des rayons de tous côtés, ou plutôt de bombes qui éclataient en éclairant tout le ciel.*

Vivement impressionnés au début, nous nous habituâmes peu à peu à cette déflagration presque continuelle.

La pluie, pendant tout l'orage, n'a pas cessé une minute. Des rafales très violentes précédaient ou suivaient les éclairs les plus puissants.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AVRIL 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Les microbes pathogènes invisibles et les preuves physiques de leur existence.* Note de M. A. CHAUVEAU.

Un grand nombre de maladies virulentes, très variées, comptant parmi les plus répandues et les plus dangereuses, telles la variole et la rage, sont engendrées par des microbes qui échappent encore aujourd'hui aux démonstrations expérimentales de la culture artificielle *in vitro*. Il se rencontre, d'autre part, que ces agents virulents ne peuvent être rendus visibles, dans leurs milieux naturels de culture *in vivo*, par aucun artifice de coloration. De plus, ils passent facilement à travers tous les filtres.

On ne doute pourtant pas que ces agents ne soient des *êtres vivants*. L'un d'eux, en effet, celui de la péripneumonie bovine, a pu être déjà isolé et propagé artificiellement en dehors de l'organisme malade. Nous devons la connaissance de ce premier exemple à Nocard et Roux. Un second l'a suivi. C'est assez pour justifier l'espérance de la même réussite dans tous les autres cas de maladies infectieuses à microbes filtrants et invisibles.

Mais, en attendant ce précieux et très désirable succès, qui donnera la *preuve physiologique*, c'est-à-dire la démonstration directe et décisive de l'existence de ces microbes ultramicroscopiques, ils ont droit au bénéfice de la démonstration indirecte empruntée aux *preuves physiques* qui ont établi, il y a 40 ans passés, l'*individualité corpusculaire* des agents virulents.

Parmi ceux qui ont été étudiés alors se trouvaient l'agent de la morve et celui de la vaccine. L'agent de la morve est devenu, depuis cette époque, un type de *parasite microbien pathogène*, parfaitement visible et reproductible

in vitro. L'autre est resté invisible et rebelle à toutes les tentatives de culture en dehors de l'économie animale. Mais les *faits physiques* qui ont démontré que ces deux virus se multiplient à l'*état solidien*, dans l'organisme vivant, ne permettent pas d'attribuer à l'agent de la vaccine une autre nature qu'à l'agent de la morve. *Le virus vaccin est nécessairement un agent figuré, un être vivant, parasite ultramicroscopique des espèces animales qui l'hébergent accidentellement.*

L'importance de la signification qu'entraîne la démonstration de l'*état solidien* du virus de la vaccine et de ses analogues imposait l'obligation d'examiner, en y regardant de très près, si cette démonstration a conservé toute sa valeur depuis qu'elle a été donnée. C'était 5 ans avant la découverte des méthodes culturales qui ont permis de ranger définitivement les virus dans la grande catégorie des *êtres vivants parasites*. A cette époque, la plus profonde obscurité régnait sur le mécanisme intime de la virulence. Des éléments qui en sont les agents, tout était ignoré. On ne savait pas même sous quel *état physique* ils existent. Sont-ce des particules solides que les humeurs contaminées tiennent en suspension ou des substances chimiques en solution ou pseudo-solution dans ces humeurs?

Je m'étais attaché à cette recherche en utilisant les données que les travaux, alors assez récents, de Thomas Graham avaient fournies à la Science, sur l'état moléculaire de ces substances chimiques et certaines de leurs propriétés physiques. On connaît mes méthodes et mes expériences. Les faits qu'elles ont mis en lumière devaient être contrôlés à nouveau. Je m'en suis chargé moi-même. Ils sont de la plus rigoureuse exactitude : ce qui ne veut pas dire que l'interprétation qui en a été donnée n'est pas critiquable. Je dois les rappeler tout d'abord, en les résumant très brièvement, d'après mes expériences inédites de contrôle. C'est alors seulement qu'on sera en mesure d'examiner, sous l'éclat des lumières nouvelles dont s'est enrichie de nos jours la conception de Th. Graham, sur l'*état colloïdal* de la matière, si ces expériences gardent encore la signification qu'on s'est cru le droit de leur attribuer, en 1868, au point de vue de la démonstration *de l'état solidien du virus de la vaccine* (¹).

(¹) A. Chauveau, *Nature du virus vaccin. Détermination expérimentale des éléments qui constituent le principe actif de la sérosité vaccinale virulente* (*Comptes rendus*, t. LXVI, 10 février 1868, p. 289). — *Nature du virus vaccin. Nouvelle démonstration de l'inactivité du plasma de la sérosité vaccinale virulente* (*Comptes rendus*, t. LXVI, 17 février 1868, p. 317). — *Nature des virus. Détermination expé-*

A. Méthode des dilutions progressives appliquées a la détermination de l'état physique de l'agent virulent de l'humeur vaccinale. — On sait qu'une gouttelette de cette humeur, inoculée sous l'épiderme avec la pointe d'une lancette, chez l'enfant ou un jeune bovidé, y fait toujours naître sur place une pustule ombiliquée tout à fait typique. Le résultat ne manque jamais. Si l'humeur vaccinale est de bonne qualité, il pousse infailliblement autant de pustules caractéristiques qu'il a été fait de piqûres d'inoculation. Il était tout naturellement indiqué de connaître ce qui arrive quand l'humeur, au lieu d'être employée pure, a été diluée dans une quantité plus ou moins considérable d'eau distillée et qu'on inocule cette dilution de la même manière que ci-dessus, c'est-à-dire avec une gouttelette puisée au sein de la masse du liquide. Le résultat varie suivant le degré de la dilution.

a. Avec les dilutions relativement peu étendues, on continue à compter autant de pustules que de piqûres.

b. Si l'eau ajoutée est plus abondante, il peut arriver que la moitié seulement des inoculations soient fertiles et donnent naissance à des pustules.

c. Lorsque les dilutions sont très étendues, les inoculations fécondes deviennent rares et les pustules, indices de cette fécondité, peuvent même manquer complètement, si les piqûres d'inoculation n'ont pas été très multipliées.

d. Dans aucun de ces cas, le diagnostic des suites locales de l'inoculation ne reste douteux. Il est toujours extrêmement net : ou bien le résultat est positif et alors la pustule produite ne laisse rien à désirer; ou bien ce résultat est négatif, et il l'est si complètement qu'on serait bien embarrassé de trouver, sur le lieu de l'inoculation, la moindre ébauche de la pustule caractéristique. La plus grande importance s'attache à ces constatations.

e. En somme, les choses se passent COMME SI *les agents virulents de l'humeur vaccinale sont constitués par des éléments corpusculaires indépendants, tenus en suspension dans le liquide et que l'accroissement progressif du degré de la dilution éloigne de plus en plus les uns des autres : ce qui expose les petites gouttelettes puisées dans la masse liquide, pour garnir la pointe de la lancette, à n'en contenir aucun capable de proliférer. D'où la stérilité de l'inoculation.*

f. Ajoutons enfin que cette stérilisation ne dépend en rien d'une atteinte quelconque portée par la dilution à l'activité du germe virulent. Si loin qu'elle soit poussée, la dilution d'une humeur vaccinale ne l'empêche jamais d'être parfaitement active quand la totalité du liquide est injectée dans les veines d'un cheval ou son tissu conjonctif

---

rimentale des éléments qui constituent le principe virulent dans le pus varioleux et le pus morveux (*Comptes rendus*, t. LXVI, 24 février 1868, p. 359). — Voir aussi, pour ce qui concerne la clavelée : *Détermination expérimentale des conditions qui donnent aux sujets contagifères la propriété d'infecter les milieux* (*Comptes rendus*, t. LXVII, 12 octobre 1868, p. 746).

sous-cutané. Le sujet est toujours très solidement vacciné par l'injection. Parfois même celle-ci provoque de beaux exanthèmes de vaccine généralisée, comme dans les cas où la lymphe vaccinale est injectée à l'état naturel, sans addition d'eau.

Donc l'agent virulent de la vaccine, c'est-à-dire l'agent qui entretient indéfiniment la maladie, par son passage incessamment renouvelé d'un sujet à un autre et sa multiplication IN VIVO, *est bien un élément solidien en suspension dans l'humeur vaccinale et non une matière chimique en solution ou pseudo-solution dans le plasma de cette humeur.*

B. Méthode de la diffusion appliquée a la lymphe vaccinale pour la détermination de l'état physique de ses agents virulents. — Cette méthode permet d'apporter une très solide et très élégante confirmation à la conclusion des expériences précédentes.

Si l'on dépose, au fond d'une minuscule éprouvette, une certaine quantité d'humeur vaccinale, que l'on couvre ensuite, sans interposition de membrane dialysante entre les deux liquides, d'une couche d'eau pure, haute de 4^{mm} à 5^{mm}, les substances *cristalloïdes* et *colloïdes* de l'humeur y seront attirées par l'action de la *diffusion;* et elles pourront l'être en très notable quantité, même ces dernières, malgré leur réputation méritée d'être relativement peu *diffusibles*. C'est ainsi qu'après 48 heures et même 24 heures seulement de *diffusion,* l'albumine est très facilement décelée dans les couches superficielles de l'eau, prélevées avec précaution à l'aide d'une pipette capillaire.

D'après les prévisions théoriques inspirées par les expériences de dilution, les substances que la *diffusion* a amenées ainsi dans les couches superficielles du *liquide diffuseur* n'ont pu leur communiquer la moindre activité virulente. Or c'est exactement ce que l'on constate en fait. *L'inoculation de ce liquide, chargé des éléments diffusibles de l'humeur vaccinale, reste toujours stérile. Ni moi, ni d'autres* [1] *n'avons jamais vu naître de pustules vaccinales, après l'inoculation, dans les innombrables expériences consacrées à cette étude.* Pour obtenir l'éruption pustuleuse, dans ces expériences de *diffusion,* il faut se servir de gouttelettes puisées dans les couches inférieures du *liquide diffuseur*. Les actions cinétiques moléculaires dont il est le siège n'y entraînent pas seulement les *substances cristalloïdes* en solution vraie dans l'humeur vaccinale et les *substances colloïdes* à l'état de pseudo-solution ou d'émulsion extra-fine. Cet entraînement peut s'exercer aussi sur les *particules solidiennes* en suspension proprement dite. On s'explique ainsi qu'il fasse monter, jusqu'à

---

(1) Parmi les biologistes qui m'ont jadis prêté leur concours en contrôlant mes expériences, j'ai le devoir de citer tout particulièrement feu sir J. Burdon-Sanderson, qui fut un des correspondants les plus distingués de l'Académie. Très familier avec les belles recherches de son illustre compatriote Th. Graham, il avait passé près de deux ans à Paris pour perfectionner ses connaissances chimiques dans le laboratoire de Wurtz. Il se trouvait ainsi parfaitement qualifié pour appliquer la finesse de son pénétrant esprit à l'étude des questions de physique moléculaire dont relève la présente contribution.

une certaine hauteur, une partie des corpuscules virulents invisibles, qui sont disséminés dans l'humeur.

Cette stérilité absolue des couches superficielles du liquide diffuseur, où ne manque pourtant aucun des éléments diffusibles de l'humeur vaccinale, y compris ses colloïdes, constitue une raison nouvelle d'attribuer la virulence aux éléments solidiens suspendus dans cette humeur et d'en destituer les substances chimiques, cristalloïdes ou colloïdes, qui y sont en solution ou pseudo-solution.

Du reste la *diffusion,* appliquée aux bouillons de culture de microbes visibles reproductibles *in vitro,* donne exactement les mêmes résultats. Qu'ils soient indifférents ou éminemment toxiques, les produits *colloïdes* de la culture, attirés dans les couches superficielles du *liquide diffuseur,* se montrent également impropres à toute autoreproduction, quand on les sème, sans leurs microbes producteurs, dans l'organisme animal ou les milieux artificiels des cultures *in vitro.*

C. Examen des critiques que suggèrent les précisions nouvelles introduites dans nos connaissances sur l'état colloïdal de la matière, à l'égard de la valeur des démonstrations de l'état solidien de l'agent virulent de l'humeur vaccinale, qui ont été fournies par les expériences précédentes. — Les preuves physiques de l'état corpusculaire de l'agent virulent de la vaccine, constituées par les deux ordres d'expériences qui viennent d'être indiquées, forment, dans leur ensemble, un faisceau très homogène, dont la solidité est à l'abri de toute contestation. N'empêche qu'avec les précisions en question, n'aient surgi ou plus exactement ne se soient renforcées certaines objections, qu'il y a utilité à ne point laisser dans l'ombre.

Ces objections naissent de la différence fondamentale qui existe entre les *cristalloïdes* et les *colloïdes* de l'humeur vaccinale. Quoiqu'elles soient les unes et les autres *diffusibles* dans l'eau, qui est le solvant de l'humeur, leurs molécules respectives n'entretiennent pas les mêmes rapports intimes avec celles du solvant. Aussi ne subissent-elles pas les mêmes effets de la *dilution progressive* de cette humeur. Sur les *cristalloïdes* qui y sont en solution vraie, cette *dilution progressive* n'agit qu'en affaiblissant de plus en plus le degré de concentration de la dissolution, à laquelle elle laisse toute son homogénéité. Mais c'est une action d'un autre ordre qui est exercée sur les *colloïdes* de l'humeur. Leurs molécules, imprégnées pourtant d'eau de constitution, ne se fusionnent pas avec celles de l'eau du solvant. Elles se tiennent comme en suspension dans celui-ci, en gardant leur individualité. La *dilution* se borne donc à les écarter davantage les unes des autres, comme elle le ferait de corpuscules solides ultramicroscopiques, qu'on aurait mêlés mécaniquement au plasma vaccinal.

S'il en est ainsi, les expériences de *dilutions* progressives peuvent-elles légitimement aboutir aux conclusions qu'on en a tirées? Les résultats variés de l'inoculation de l'humeur vaccinale diluée ne plaident-ils pas en faveur de l'attribution de la virulence à des molécules colloïdales, qu'on sait exister sûrement, tout aussi bien, sinon mieux, qu'à des corpuscules solides indépendants, dont on est obligé de préjuger l'existence?

L'objection se pose d'autant plus impérieusement que l'on sait maintenant que l'éclairage latéral, appliqué à l'examen microscopique, sur fond noir, d'une *pseudo-solution colloïdale*, peut en faire voir les molécules propres, parfois animées de leurs mouvements browniens, tout comme il fait apparaître à l'œil nu, dans l'expérience de Tyndall, les éléments solides des poussières de l'air non filtré.

Mais tout ceci heureusement ne saurait faire planer la moindre incertitude sur les expériences de *dilutions progressives*. Prenons, en effet, l'humeur vaccinale, soumise à ces *dilutions progressives*, au moment où la stérilité des inoculations démontre que les agents virulents sont assez éloignés les uns des autres, au sein de la masse liquide, pour ne figurer qu'exceptionnellement dans les gouttelettes avec lesquelles on pratique l'inoculation. Où en est, à ce moment, l'écartement que la dilution a provoqué entre les molécules de l'humeur diluée? Est-il jamais poussé assez loin pour exposer quelques-unes des gouttelettes inoculées à être dépourvues de ces molécules? On sait qu'il n'en est rien. A défaut de l'ultramicroscope, dont on connaît le médiocre profit qu'on en peut tirer actuellement dans l'étude des *colloïdes naturels* des humeurs animales, l'analyse chimique démontre que ces *colloïdes* figurent toujours dans chaque point de la masse liquide où ces gouttelettes sont puisées. *Or l'activité virulente de la plupart de ces gouttelettes n'en est pas moins absolument nulle. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'elles se montrent fécondes.*

Du reste l'inanité de l'objection qui est discutée ici apparaît encore mieux dans les expériences de *diffusion*. Des quantités relativement considérables de *molécules colloïdes* peuvent être attirées dans les couches superficielles de l'eau qui surmonte l'humeur vaccinale sur laquelle on agit. Si, parmi ces molécules, il en était qui jouassent le rôle d'agents virulents, elles ne sauraient manquer de révéler leur existence par leurs effets. *Répétons que cela n'est jamais arrivé. Il n'y a plus à insister sur l'unanimité des résultats négatifs des inoculations dans les expériences de diffusion correctement faites.*

C'est donc autre chose qu'une *molécule colloïde* qui, dans toutes ces expériences, remplit le rôle d'agent virulent.

Conclusions. — Les inoculations d'humeur vaccinale en *dilution progressive* continuent à démontrer, dans l'humeur, l'existence d'éléments solidiens remplissant le rôle d'agents virulents.

D'autre part, les expériences de diffusion continuent à exclure de toute participation à ce rôle les *colloïdes* que l'humeur vaccinale contient à l'état d'extra-fine émulsion.

D'où il résulte que les *agents invisibles* de la virulence de la vaccine, ainsi que leurs nombreux congénères, indéfiniment transmissibles *in vivo,* ont conservé tous leurs droits à être considérés comme des *êtres vivants parasites*.

Ces agents virulents tiennent une place des plus considérables dans le domaine de l'histoire naturelle du monde animé, quoique leur *invisibilité* ne permette pas au naturaliste d'en étudier la morphologie. Réduit à ses seules ressources, celui-ci serait même incapable de démontrer l'existence de ces extraordinaires parasites. *A fortiori,* ne saurait-il les déterminer spécifiquement. Pour lever quelques-uns des voiles sous lesquels ils se dérobent si complètement, il faut que le chercheur s'inspire des principes et des méthodes de la *physique moléculaire* et de la *physiologie pathologique.* Ce sont là des départements scientifiques aussi éloignés l'un de l'autre qu'ils le sont eux-mêmes de l'*histoire naturelle.* Les microbes virulents invisibles, par les exigences de leur étude, établissent néanmoins, entre ces trois régions de la Science, une curieuse solidarité. Ce n'est pas le moindre motif du grand intérêt qui s'attache à cette partie si spéciale du monde microbien pathogène.

BOTANIQUE. — *Sur la nature résineuse rapprochée des écorces de* Sarcocaulon *du Cap et de quelques* Kalanchoe *de Madagascar.* Note de M. **Édouard Heckel.**

Dans une précédente Communication, et à l'occasion d'une plante que j'avais reçue de Tuléar (sud-ouest de Madagascar) à l'état très incomplet (fragments secs sans feuilles, ni fleurs ni fruits), j'ai appelé l'attention sur la nature résineuse spéciale des écorces de *Sarcocaulon.* Je croyais alors avoir la priorité de la connaissance de ce fait général dans ce genre de Géraniacées propre aux régions sèches du sud de l'Afrique.

Depuis, j'ai constaté que M. le professeur Schinz, de Zurich, a indiqué, au courant de la description de son *S. rigidum* (*Verh. bot. Verein.,* t. XXIX, 1889), que l'écorce de cette plante, originaire d'Angra-Pequena (Grand-Namaland, Cap), laisse exsuder de

son écorce des protubérances grosses comme le poing de résines jaune clair noircissant à l'air avec le temps et qui, à raison de leur odeur agréable, sont recueillies par les Hottentots et transformées en perles odorantes. Le même fait est souligné par Marloth [*Das Capland, insonderheit das Reich der Kapflora* (*Tiefsee-Expedition auf Valdivia*, Iéna, t. XIX, p. 324)], qui, à l'occasion du *S. Burmanni* Sweet, indique la présence abondante d'une *cire* dans l'écorce de cette plante, sécrétion qui imprègne l'écorce à ce point que la plante, même vivante, peut brûler et qu'on l'appelle à raison de ce fait l'*arbuste-bougie*. Aucun de ces deux savants ne parle, du reste, des propriétés de ces deux résines, sauf Marloth pour dire que c'est une cire soluble seulement dans le chloroforme et non une résine.

Je viens de recevoir vivante et complète la plante de Tuléar qui a fait l'objet de ma dernière Communication ; je dois cet envoi à la bienveillance de M. le Dr Faucheraud, médecin-major des troupes coloniales, à Tuléar. Elle répond au nom indigène de *Mongy*, et j'ai constaté que cette plante grasse, qui correspond bien, par son écorce, aux caractères relevés dans les fragments secs reçus antérieurement de M. Curral, n'est pas, comme je l'avais cru avec le professeur Engler, de Berlin, que j'avais consulté sur ce point, une espèce nouvelle de *Sarcocaulon* (*S. Currali*), mais bien *Kalanchoe Grandidieri*, figuré par Baillon dans sa *Flore de Madagascar*, à la planche LVII, et décrit par Drake dans le *Bulletin du Muséum* de Paris, 1903, n° 1, p. 42. Cette plante, même à l'état vert et vivant, a un épiderme rempli des résines dont j'ai fait connaître les principales propriétés physiques, et brûle très bien, en répandant un parfum agréable d'encens, comme le font, du reste, toutes les écorces de *Sarcocaulon*, ainsi que je l'ai constaté. Mais tout ce que j'ai attribué, dans ma précédente Communication, aux résines du *Sarcocaulon Currali* doit s'appliquer exclusivement à *Kalanchoe Grandidieri*.

En ce qui touche aux écorces de *Sarcocaulon*, elles possèdent au moins une résine que j'ai extraite par le tétrachlorure de carbone du *S. rigidum* dans la proportion de 5 pour 100 environ et qui se rapproche beaucoup par son odeur et ses propriétés physiques de celle que j'ai extraite, par le même véhicule, de l'écorce de *Kalanchoe Grandidieri;* en outre j'ai extrait, de ces mêmes écorces de *Sarcocaulon*, deux cires, dont l'une solide, soluble dans l'éther sulfurique, fond sans brûler et l'autre, demi solide, s'extrait par le sulfure de carbone et ne brûle pas non plus.

Cette rectification, en dehors du but principal qu'elle vise, révèle donc un fait intéressant au point de vue de l'adaptation des plantes à leur milieu, en démontrant que deux genres de végétaux appartenant à des familles distinctes, mais vivant dans des conditions à peu près identiques (régions pierreuses sèches du sud de Madagascar pour *Kalanchoe*, et régions sèches

désertiques du Sud africain pour *Sarcocaulon*) présentent, dans les deux genres, des plantes résistant à la sécheresse par l'état gras de leur écorce, mais possèdent en outre, ce qui paraît leur être à peu près spécial, dans l'épiderme (*Kalanchoe*), ou dans l'épiderme et une partie de l'écorce (*Sarcocaulon*), une réserve de résines ou une accumulation de résine et de cires protectrices contre l'évaporation de l'eau. Dans les deux genres de plantes, ces réserves se localisent dans la tige à l'exclusion absolue des feuilles. Il serait intéressant de voir si les mêmes faits ne se répètent pas dans les *Cotyledons* et *Crassula* du Cap (*Karroo*) qui vivent dans les mêmes régions que *Sarcocaulon*.

Il est à remarquer que sous le nom indigène unique de *Mongy* (dialecte Antandroy), Drake a décrit, dans le Mémoire ci-dessus cité, son *Kalanchoe beharensis* (du Behara), tandis que l'espèce dont je m'occupe ici (*K. Grandidieri*) est désignée sous les noms indigènes de *Sofysofy* et d'*Isaka* par le même auteur. Dans la province de Tuléar, par contre, elle n'est désignée que sous le nom unique de *Mongy*. Ce fait semblerait indiquer que les deux espèces sont tantôt distinguées tantôt confondues par les Malgaches qui, ne voyant à établir dans les plantes que des ressemblances ou des différences de propriétés, les ont peut-être rapprochées à cause de la présence de la résine dans leurs écorces. C'est un point à vérifier ultérieurement. Mais je n'ai pas trouvé trace de matières résineuses dans les écorces de *Kalanchoe laciniata* Spach, *Hildebrandtii* Baillon et *Adelæ* Hamet.

NOMINATIONS.

MM. **Michel Lévy** et **Delage** sont désignés pour représenter l'Académie aux fêtes du 350e anniversaire de la création de l'Université de Genève.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui devra être présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la Chaire d'*Anthropologie* vacante, au Muséum d'Histoire naturelle, par suite du décès de M. *Maurice Hamy*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre des votants étant 48,

M. Verneau	obtient. . .	46 suffrages
M. Rivet	» . . .	1 suffrage
M. Vacher de la Pouge	» . . .	1 »

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre des votants étant 46,

M. Rivet	obtient.	38 suffrages
M. Papillaud	»	8 »

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne.	M. **Verneau**
En seconde ligne	M. **Rivet**

MÉMOIRES LUS.

MORPHOLOGIE DYNAMIQUE. — *Sur les conditions hydrodynamiques de la forme chez les Poissons*. Note de M. **Frédéric Houssay.**

Si, comme je le pense, la forme des poissons est due au modelage par la résistance de l'eau, elle doit être en même temps la forme de résistance minima, puisque, tant que ce résultat n'est pas atteint, la cause persistante continue à niveler la surface.

J'ai entrepris de mesurer la résistance à l'avancement dans l'eau d'un certain nombre de mobiles allongés, pouvant supporter la comparaison avec le poisson. J'ai choisi six formes de même diamètre transversal, 34^{mm}, chacune étant reproduite en trois longueurs qui sont entre elles dans les rapports 1, 1,5 et 2, savoir 18^{cm}, 27^{cm}, 36^{cm}, la section transversale restant toujours la même.

Les six formes employées sont les suivantes : I, un cylindre retaillé à son $\frac{1}{3}$ antérieur par une coupe diédrique à arête horizontale et à son $\frac{1}{3}$ postérieur par la même coupe à arête verticale ; II, une forme modelée d'après celle de la veine inversée ; III, un cylindre retaillé en cône à son $\frac{1}{3}$ antérieur et à son $\frac{1}{3}$ postérieur, les arêtes de raccord rabattues pour la continuité ; IV, un cône

surmonté à sa base d'une faible calotte sphérique et marchant le gros bout le premier; V, le même marchant le petit bout en avant; VI, la forme poisson, définie par un cône de révolution retaillé à son gros bout antérieur par une coupe diédrique à arête horizontale intéressant le $\frac{1}{4}$ de la longueur et, à l'arrière, par une coupe diédrique à arête verticale. Je laisse de côté, pour une étude ultérieure, les déviations de cette forme type qui d'ailleurs est réelle (truite, surmulet, squales, etc.).

Tous ces mobiles étaient lestés de façon à flotter juste et à être ainsi sans poids propre. La progression dans l'eau était assurée par la chute d'un poids variant de 25^g à 3^{kg} et tombant d'une hauteur de 16^m; l'appareil, composé de poulies très sensibles, donnait à un an de distance les mêmes mesures pour un même mobile, tiré par un même poids à l'aide d'un même fil.

J'ai construit les courbes de marche de mes 18 mobiles en prenant pour abscisses les puissances du mécanisme, fonctionnant aux divers poids sans tirer de mobile et pour ordonnées les pourcentages de la puissance perdue aux divers poids par le fait de la résistance des mobiles. J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie plusieurs de ces courbes sur le détail desquelles je n'insiste pas, retenant seulement le classement qu'elles traduisent entre mes divers modèles, classement qui peut aussi s'exprimer, comme il suit, quoique plus brutalement, par la perte moyenne de puissance :

	Perte moyenne de puissance motrice pour 100.
IV. Cône gros bout antérieur	22
V. Cône petit bout antérieur	24
VI. Poisson	29
II. Veine inversée	30
III. Fuseau biconique	32
I. Fuseau bidiédrique	36

Ces résultats, quelque peu déconcertants pour l'idée que je poursuis sur la supériorité de la forme poisson, ne sont relatifs qu'à des carènes instables, et je ne doutai pas un instant qu'en les stabilisant le poisson ne conquît la primauté.

Les figures que dessinent dans l'eau les divers modèles par les mouvements transversaux périodiques et non amortis superposés au mouvement de translation méritent d'être définies. Chaque mobile dessine dans l'eau une forme virtuelle inverse de la sienne propre. Ainsi le cône à base antérieure marche sur un cône à sommet antérieur; le cône à sommet antérieur, sur

un cône à sommet postérieur; le fuseau biconique, sur une sorte d'hyperboloïde. Le poisson oscille de haut en bas avec sa tête et de droite à gauche avec sa queue, autrement dit, trace dans l'eau, à l'avant, un coin à arête horizontale postérieure, à l'arrière, un coin à arête verticale antérieure, étant lui-même, par son avant, coin à arête horizontale antérieure et, par son arrière, coin à arête verticale postérieure. Pour suivre cette loi, le fuseau bidiédrique et la veine inversée devraient osciller de haut en bas avec la tête et de droite à gauche avec la queue. Ils le font aussi, mais avec une extrême lenteur. De sorte que le mouvement de translation efface l'oscillation caudale, trop faible pour lui résister et exagère l'oscillation céphalique. La marche sans fil est une culbute complète dans le plan vertical; avec la traction du fil, elle devient une sinusoïde. Ces mouvements complexes, visibles dans l'eau à n'importe quelle vitesse, sont ordinairement décomposés en *instabilité de route* et *instabilité longitudinale*.

J'ai stabilisé les carènes coniques et pisciformes avec des nageoires disposées sur un type réel et congruent à celui de la carène choisie. Ultérieurement j'étudierai les autres dispositions qui peuvent aussi se présenter. Je fais alterner une paire de pectorales, une première dorsale, une paire d'abdominales, une deuxième dorsale, une anale et une caudale. Ces nageoires sont à insertion longitudinale, ne servent jamais de rames ou de freins et n'ont que de petites ondulations dans la nage filée qui suit le coup de queue propulseur (truites, squales).

Chaque nageoire est formée d'un triangle d'aluminium, roulé en tuyau à sa base et enfilé sur une tigelle d'acier plantée dans la carène; son sommet postérieur est fixé à la carène par un caoutchouc. En marche, ces nageoires vibrent et suppriment absolument les oscillations transversales. Si aucune force étrangère n'intervient la stabilité est rigoureuse. Cependant, à certaines vitesses, aux petites pour le poisson, aux grandes pour le cône, la stabilité est plus précaire et peut plus facilement être troublée. La stabilisation du cône par empennage (colonel Renard, 1904), utilisée dans l'air, produit, comme je m'en suis assuré, un effet beaucoup moindre que les nageoires.

J'ai stabilisé les veines inversées par un dispositif analogue faisant nageoire souple et continue tout le long des lignes d'arêtes, une verticale et surtout postérieure, deux horizontales et antérieures.

Résultats. — Dans chaque forme, la petite longueur a toujours le meilleur rendement; puis vient la moyenne et enfin la grande. Dans chaque longueur on a toujours le classement suivant : 1° poisson, 2° cône, 3° veine inversée.

La stabilisation fait perdre de la vitesse, sauf à la forme courte de poisson qui en gagne, surtout aux allures rapides. Cette forme est donc *exceptionnellement excellente,* à la condition de la prendre telle que la nature la donne, sans y faire d'abstraction ou de simplification.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le Tome II (quatrième fascicule) du *Traité de Physique* de O.-D. Chwolson, traduit par E. Davaux. (Présenté par M. Maurice Levy.)

2° *Études sur la fronde des Zygoptéridées,* par Paul Bertrand. (Présenté par M. Zeiller.)

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination photographique des couleurs des étoiles.* Note de M. **Oesten Bergstrand**, présentée par M. Deslandres.

Les couleurs des étoiles fixes constituent un élément important pour l'étude de l'état physique et du développement de ces astres. Cependant, à défaut d'une méthode sûre pour la détermination de cet élément, il n'a joué, jusqu'ici, qu'un rôle très restreint dans ces recherches. Ce n'est que tout récemment que M. Schwarzschild et MM. Parkhurst et Jordan ont introduit la différence entre la grandeur visuelle et la grandeur photographique des étoiles comme une sorte d'équivalente de couleur.

Or, il existe une méthode, due aux frères Henry et employée par M. Hertzsprung, d'après laquelle on peut déterminer photographiquement la longueur d'onde moyenne de la lumière des étoiles. En employant cette équivalente naturelle de couleur on a aussi l'avantage de pouvoir évaluer immédiatement le coefficient de réfraction pour chaque étoile. C'est d'après cette méthode que j'ai fait les recherches dont je résumerai ici les principaux résultats.

Les plaques (Lumière, étiquette violette) ont été exposées avec le grand télescope de 1^m d'ouverture, de l'Observatoire de Meudon. Devant l'ouverture du télescope j'avais placé un réseau, composé de bandes parallèles larges de $1^{mm},5$, séparées par des intervalles de la même largeur. Ce réseau produit au foyer, outre l'image principale d'une étoile quelconque, une série de spectres de diffraction placés symétriquement par rapport à cette image. En mesurant la distance entre les deux spectres du premier ordre, on peut déterminer la longueur d'onde effective pour l'étoile en question. Les mesures ont été faites à l'Observatoire d'Upsal (cf. ma Note dans les *Comptes rendus* du 28 décembre 1908).

Mes études ont embrassé 92 étoiles contenues dans le Catalogue photométrique de MM. Mueller et Kempf (*Publ. de Potsdam*, vol. XVII, 1907).

Dans ce Catalogue on a employé pour les couleurs des étoiles une série de notations que je désignerai ici par les nombres 0 à 18. Dans cette échelle on a : blanc = 0, blanc-jaune = 3, jaune-blanc = 6, jaune = 9, jaune-rouge = 12, rouge-jaune = 15, rouge = 18. Ce n'est que tout exceptionnellement qu'on estime une couleur supérieure à 12.

Mon programme (pas complètement effectué pour toutes les étoiles) comprenait huit poses de chaque étoile, durant de 10 à 1000 secondes. Ainsi qu'on pouvait le prévoir, l'influence de la durée de pose sur la longueur d'onde effective λ s'est montrée beaucoup moins prononcée pour le réflecteur que pour les réfracteurs. Soit $\Delta\lambda$ le changement de λ pour un prolongement de pose correspondant à une grandeur stellaire. J'ai déterminé $\Delta\lambda$ pour les différents types de couleur et pour les différentes grandeurs (définies par la largeur D du spectre). Le résultat remarquable s'est établi qu'en général $\Delta\lambda$ suit une tout autre loi pour les étoiles blanches (couleurs 0 à 4) que pour les étoiles jaunes (couleurs 5 à 12). A cet égard la transition des étoiles blanches-jaunes aux étoiles jaunes-blanches est brusque. En moyenne, j'ai trouvé :

	Pour $D < 0^{mm},10$.	$0^{mm},10$ à $0^{mm},14$.	$0^{mm},14$ à $0^{mm},18$.	$> 0^{mm},18$.
Étoiles blanches......	$\Delta\lambda = +0^{\mu\mu},7$	$+2^{\mu\mu},5$	$+2^{\mu\mu},8$	$+1^{\mu\mu},1$
Étoiles jaunes........	$\Delta\lambda = -0^{\mu\mu},7$	$-0^{\mu\mu},4$	$-0^{\mu\mu},1$	$+1^{\mu\mu},9$

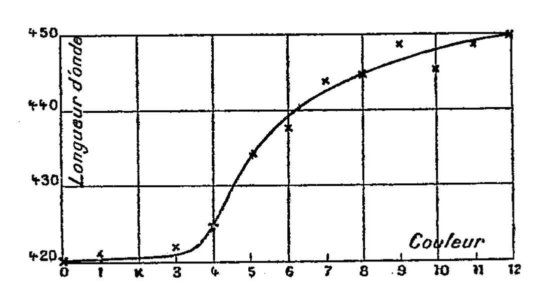
Pour les différents types de couleur, j'ai trouvé en moyenne les valeurs suivantes de λ :

Couleur.	λ.	Étoiles.	Couleur.	λ.	Étoiles.	Couleur.	λ.	Étoiles.
	μμ			μμ			μμ	
0...	419,9	10	5 ..	433,4	4	10...	445,1	5
1...	420,7	7	6...	437,7	6	11...	448,5	7
2...	418,5	8	7...	443,4	8	12...	449,6	5
3...	421,8	12	8...	444,0	6			
4...	424,4	4	9...	448,4	6			

On peut représenter ces valeurs par la courbe ci-jointe. On voit que, à cet égard aussi, les étoiles des couleurs 0 à 4 s'écartent des autres d'une manière très marquée. En effet, des 41 étoiles des couleurs 0 à 4, il n'y en a que 2 pour lesquelles $\lambda > 430^{\mu\mu}$, et des 47 étoiles des couleurs 5 à 12, toutes sauf 2 ont $\lambda > 430^{\mu\mu}$. Il ne s'agit pas ici d'une simple irrégularité accidentelle de l'échelle de couleur de MM. Mueller et Kempf, la même singularité se présente dans l'échelle de M. Osthoff.

Pour trois étoiles dont la couleur est supérieure à 12, j'ai trouvé à peu

près $\lambda = 465^{\mu\mu}$, pour une, BD + 36°,3243; λ dépasse même $470^{\mu\mu}$. De l'autre côté, les étoiles les plus blanches que j'ai examinées ont, à peu près,



$\lambda = 411^{\mu\mu}$. On voit que l'amplitude de λ est assez grande, et qu'on ne peut nullement employer pour toutes les étoiles le même coefficient de réfraction.

Environ la moitié de mes étoiles se trouvent dans le Catalogue de M. Pickering, *Revised Harvard Photometry*, 1908. Les valeurs de λ semblent suivre assez bien l'échelle des classes spectrales de M. Pickering : B, A, F, G, K, M. En chiffre rond, on aura :

	Spectre.					
	B.	A.	F.	G.	K.	M.
λ........	$415^{\mu\mu}$	$422^{\mu\mu}$	$429^{\mu\mu}$	$436^{\mu\mu}$	$443^{\mu\mu}$	$450^{\mu\mu}$

Les quatre étoiles dont j'ai parlé plus haut appartiennent toutes à la classe N (III*b* de Vogel).

Il résulte de ce qui précède qu'on peut distinguer parmi les étoiles deux grandes classes bien marquées : les *étoiles blanches* ($\lambda = 420^{\mu\mu}$, spectres B et A) et les *étoiles jaunes* ($\lambda = 440^{\mu\mu}$ à $450^{\mu\mu}$, spectres K et M). Les qualités de ces deux classes semblent être bien différentes, et la transition de l'une à l'autre est assez brusque. La longueur d'onde de $430^{\mu\mu}$ (à peu près celle valable pour notre Soleil) constitue la limite entre ces deux classes. Il est intéressant que justement les couleurs 4 et 5 et les spectres F et G qui représentent l'état intermédiaire sont relativement assez rares.

Qu'il me soit permis d'exprimer ici ma profonde reconnaissance à M. Deslandres, qui a bien voulu mettre à ma disposition les instruments nécessaires, et à M. Rabourdin qui m'a assisté dans mes observations au grand télescope.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les congruences de normales et les transformations de contact.* Note de M. **Jules Drach.**

Dans un travail récent (*Bulletin de la Société mathématique de France*, t. XXVII, fasc. 1) M. Raffy vient d'appeler l'attention sur une classe intéressante de *transformations de contact :* celles qui font correspondre, à une surface *quelconque* Σ, une surface Σ_1 de façon que les normales aux points correspondants M, M_1 se rencontrent.

Il a déterminé en particulier parmi ces transformations celles pour lesquelles le plan des normales passe par un point fixe, qui dépendent d'une fonction arbitraire de *deux* arguments et comprennent la plupart des transformations de contact classiques (tr. apsidale, podaire, etc.).

En indiquant des familles étendues, et même tout à fait générales, de ces transformations, je me propose ici de signaler comment leur détermination se rattache à des questions de Géométrie infinitésimale déjà étudiées.

I. La définition donnée plus haut équivaut à dire *que la droite* D *qui joint les points correspondants et la droite* Δ, *commune aux deux éléments plans correspondants, sont orthogonales;* je désignerai pour cette raison par (TO) les transformations de contact considérées.

Si l'on associe à une transformation de contact quelconque (T), qui change une surface Σ en Σ_1, toutes les transformations de contact qui remplacent respectivement Σ et Σ_1 par des surfaces parallèles, ce qui introduit deux paramètres λ et λ_1 dans les formules de la transformation, les coordonnées des deux normales MN, M_1N_1 sont indépendantes de λ et λ_1 : elles subissent une transformation déterminée, qui est *la plus générale parmi celles qui changent une congruence de normales en congruence de normales.* (On peut à volonté envisager quatre coordonnées indépendantes ou bien les six coordonnées homogènes de Plücker liées par une relation quadratique.)

Les transformations (TO) changent une congruence de normales en congruences de normales, de façon que deux droites correspondantes se coupent.

Si l'on désigne par (x, y, z) le point commun aux normales à Σ en M(X, Y, Z) et à Σ_1 en M_1(X, Y, Z), on peut définir Σ et Σ_1 en partant de la surface S, lieu du point (x, y, z), qui peut être prise arbitrairement : Σ et Σ_1 sont les enveloppes de sphères de rayon variable dont le centre

décrit S. Mais la correspondance entre Σ et Σ_1 n'est pas en général une transformation de contact.

Pour que Σ et S dérivent l'une de l'autre par une transformation de contact, il faut et suffit que Σ soit l'enveloppe de la sphère

$$(X-x)^2+(Y-y)^2+(Z-z)^2=\varphi^2(x,y,z),$$

dont le centre (x, y, z) décrit S. On peut définir x, y, z au moyen de X, Y, Z, P, Q en ajoutant les deux relations

$$X-x+P(Z-z)=0, \qquad Y-y+Q(Z-z)=0.$$

Il résulte de là qu'entre Σ et Σ_1 on peut établir une transformation de contact qui laisse Σ arbitraire et dépend de *deux fonctions arbitraires* $\varphi(x, y, z)$, $\varphi_1(x, y, z)$ *de trois arguments*.

Il n'y a en général qu'une *équation directrice* (relation entre X, Y, Z, X_1, Y_1, Z_1). On peut aisément former tous les cas où il y en a deux (¹).

Pour qu'il y en ait trois, c'est-à-dire que la transformation (TO) dérive d'une transformation ponctuelle, il faut prendre

$$X=x-\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial x}, \qquad Y=y-\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial y}, \qquad Z=z-\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial z},$$

φ désignant une solution de l'équation

$$\Delta\varphi=\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2=1.$$

II. *Transformations infinitésimales de contact* (TO). — 1. Si l'on cherche d'abord, parmi les transformations infinitésimales de contact qui sont (TO), celles qui dérivent d'une transformation ponctuelle, on devra prendre

$$\frac{\delta x}{\delta t}=a(x,y,z), \qquad \frac{\delta y}{\delta t}=b(x,y,z), \qquad \frac{\delta z}{\delta t}=c(x,y,z),$$

et l'on aura

$$a=x\omega+\varphi_1(\omega), \qquad b=y\omega+\varphi_2(\omega), \qquad c=z\omega+\varphi_3(\omega),$$

(¹) Je signale en passant la transformation de contact déduite d'une équation directrice $\varphi(X,Y,Z)=xX+yY+zZ+\theta(x,y,z)=0$, qui dépend des arbitraires φ et θ et conduit à des propositions géométriques curieuses.

ω étant défini par la relation

$$\frac{\omega}{2}(x^2+y^2+z^2)+x\varphi_1+y\varphi_2+z\varphi_3+\Phi(\omega)=0,$$

où les quatre fonctions φ_1, φ_2, φ_3, Φ sont arbitraires. En d'autres termes, *deux des relations entre* x, y, z, x_1, y_1, z_1 *définiront les trajectoires orthogonales de la famille quelconque de sphères*

$$\omega = \text{const.}$$

2. Dans le cas général, l'équation à vérifier peut s'écrire

$$\frac{\partial x + p\,dz}{\partial p} = \frac{\partial y + q\,\partial z}{\partial q};$$

on reconnaît que la fonction *caractéristique* $W(x, y, z, p, q)$ de la transformation infinitésimale est telle que, *pour les surfaces qui satisfont à* $W = 0$, *les caractéristiques de cette équation sont des lignes de courbure. La détermination de* W *en résulte.*

On a d'ailleurs des solutions évidentes :

$$W = F(px + qy - z, p, q), \qquad W = \sqrt{1+p^2+q^2}\,\theta(x, y, z),$$

dépendant de fonctions arbitraires de *trois* arguments.

Je me bornerai à faire observer ici que *la transformation classique de Ribaucour, définie avec une surface arbitraire* Σ *et une sphère fixe* S, *est une transformation* (TO) :

Si Σ est une surface quelconque, S une sphère fixe, C un cercle normal à Σ en M et normal à S en M_0, M_2, la transformation fait correspondre à M le point M_1 tel que le rapport anharmonique des quatre points M, M_0, M_1, M_2 soit constant; elle est *infinitésimale* si ce rapport est infiniment voisin de 1 (Darboux, *Leçons sur les systèmes orthogonaux*, Livre I, Chap. III, § 43). La normale en M_1 à la surface Σ_1, lieu de ce point, est la tangente au cercle C.

III. *Transformations finies* (TO). — Les plus étendues donnent lieu à *une seule équation directrice*

$$z + \varphi(x, y, x_1, y_1, z_1) = 0;$$

l'équation du premier ordre qui détermine φ *s'intègre par l'application de la transformation de Legendre.* Sa solution générale dépend d'une fonction arbitraire de *quatre* arguments.

Des considérations analogues s'appliquent à une équation directrice

$$\psi(x, y, z, x_1, y_1, z_1) = \text{const.}$$

Le cas de deux équations directrices

$$z + \varphi(x, y, x_1, y_1) = 0, \qquad z_1 + \varphi_1(x, y, x_1, y_1) = 0$$

conduit à trois équations du premier ordre pour les deux fonctions φ et φ_1 ; leur étude paraîtra prochainement dans un travail plus étendu.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème de l'existence des fonctions implicites*. Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soient F_i ($i = 1, 2, \ldots, n$) n fonctions de $m + n$ variables

$$x_1, \quad x_2, \quad \ldots, \quad x_m; \qquad y_1, \quad y_2, \quad \ldots, \quad y_n,$$

jouissant des propriétés suivantes :

a. Les fonctions F_i s'annulent au point P,

$$x_1 = x_2 = \ldots = x_m = y_1 = y_2 = \ldots = y_n = 0.$$

b. Elles restent continues avec leurs dérivées du premier ordre aux environs du point P, c'est-à-dire pour les valeurs de x_s ($s = 1, 2, \ldots, m$) et y_i ($i = 1, 2, \ldots, n$) satisfaisant aux conditions

$$(1) \qquad |x_s| < \varepsilon, \qquad |y_i| < \delta,$$

ε et δ étant des nombres positifs assez petits.

c. Le jacobien

$$J = D\left(\frac{\partial F_1}{\partial y_1}, \frac{\partial F_2}{\partial y_2}, \ldots, \frac{\partial F_n}{\partial y_n}\right)$$

ne s'annule pas au point P.

d. Les dérivées partielles

$$\frac{\partial F_i}{\partial y_k} = F'_{iy_k}(x_1, x_2, \ldots, x_m; y_1, y_2, \ldots, y_n)$$

sont telles que, pour les valeurs de x_s, y'_i et y_i satisfaisant aux conditions (1),

$$(2) \qquad \begin{aligned} &|F'_{iy_k}(x_1, \ldots, x_m; y'_1, \ldots, y'_n) - F'_{iy_k}(x_1, \ldots, x_m; y_1, \ldots, y_n)| \\ &\quad < A_1|y'_1 - y_1| + A_2|y'_2 - y_2| + \ldots + A_n|y'_n - y_n|, \end{aligned}$$

A_i ($i = 1, 2, \ldots, n$) étant des constantes positives.

2. Envisageons le système de n équations

$$F_i = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{3}$$

qui peut s'écrire

$$\beta_{i1}y_1 + \beta_{i2}y_2 + \ldots + \beta_{in}y_n + a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \ldots + a_{im}x_m = 0, \tag{4}$$

où l'on a posé

$$\alpha_{ik} = F'_{ix_k}(x_1, x_2, \ldots, \theta_k x_k, 0, \ldots, 0),$$
$$\beta_{ik} = F'_{iy_k}(x_1, x_2, \ldots, x_m, y_1, y_2, \ldots, \lambda_j y_j, 0, \ldots, 0),$$

θ_k et λ_j étant des quantités dont le module ne surpasse pas l'unité.

Le système (4) peut être remplacé par le suivant,

$$y_i = f_{i1}x_1 + f_{i2}x_2 + \ldots + f_{im}x_m, \tag{5}$$

car, d'après les suppositions faites, il existe un nombre positif B tel que $|J| > B$ pour x_s et y_i satisfaisant aux conditions (1).

Désignant par B_{ik} le mineur du déterminant

$$\Delta = D(\beta_{11}, \beta_{22}, \ldots, \beta_{nn})$$

correspondant à l'élément β_{ik}, on a

$$f_{is}(x_1, \ldots, x_m; y_1, \ldots, y_n) = \frac{a_{1s}B_{i1} + a_{2s}B_{i2} + \ldots + a_{ns}B_{in}}{\Delta}.$$

Il est aisé de s'assurer, en tenant compte des propriétés élémentaires des déterminants et des inégalités (2), que

$$\left\{\begin{array}{l} |f_{is}(x_1, \ldots, x_m; y'_1, \ldots, y'_n) - f_{is}(x_1, \ldots, x_m; y_1, \ldots, y_n)| \\ \quad < B_1|y'_1 - y_1| + \ldots + B_n|y'_n - y_n|, \end{array}\right. \tag{6}$$

B_i étant des constantes positives fixes.

3. Cela posé, formons, moyennant la méthode de M. E. Picard, la suite de fonctions

$$y_i^{(1)} = x_1 f_{i1}(x_1, \ldots, x_m; 0, \ldots, 0) \qquad + x_2 f_{i2}(\ldots) + \ldots + x_m f_{im}(\ldots),$$
$$y_i^{(2)} = x_1 f_{i1}(x_1, \ldots, x_m; y_1^{(1)}, \ldots, y_n^{(1)}) \qquad + x_2 f_{i2}(\ldots) + \ldots + x_m f_{im}(\ldots),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$y_i^{(k)} = x_1 f_{i1}(x_1, \ldots, x_m; y_1^{(k-1)}, \ldots, y_n^{(k-1)}) + x_2 f_{i2}(\ldots) + \ldots + x_m f_{im}(\ldots).$$

Les fonctions $y_i^{(k)}$ s'annulent au point M ($x_1 = x_2 = \ldots = x_m = 0$) et satisfont, évidemment, aux conditions (1).

D'autre part, on s'assure aisément, eu égard à (6), que

$$|y_i^{(k)} - y_i^{(k-1)}| < (\varepsilon Q m)^{k-1}\delta, \qquad Q = B_1 + B_2 + \ldots + B_n.$$

Donc *la série*

$$y_i = y_i^{(1)} + (y_i^{(2)} - y_i^{(1)}) + \ldots + (y_i^{(k)} - y_i^{(k-1)}) + \ldots$$

converge absolument et uniformément aux environs du point M, *pourvu que* ε *soit plus petit que* $\frac{1}{Qm}$.

Il s'ensuit que

$$y_i = \lim_{k=\infty} y_i^{(k)}$$

est une fonction de x_s *continue aux environs du point* M *et s'annulant en ce point.*

Il est évident, enfin, que y_i ($i = 1, 2, \ldots, n$), *n'étant pas identiquement nuls, satisfont aux équations* (5) *ou, ce qui revient au même, aux équations* (3).

La méthode indiquée s'applique sans peine au cas où F_i sont holomorphes aux environs du point P, et, dans ce cas, elle fournit non seulement une démonstration simple de l'existence, mais encore un moyen commode de calcul des fonctions implicites à l'aide des approximations successives de M. E. Picard.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les points critiques logarithmiques.* Note de Mme **Valérie Dienes**, présentée par M. Émile Picard.

On sait que, dans la théorie des équations différentielles linéaires, les points singuliers, à la fois pôles et points critiques logarithmiques, jouent un rôle très important. C'est grâce à cette circonstance que nous n'avons pas cru inutile de contribuer à la solution du problème posé par M. Paul Dienes (1) par quelques résultats qui se rattachent aux points singuliers de la nature indiquée et aux points critiques algébrico-logarithmiques.

Soit donc x un point singulier de la fonction

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n,$$

(1) Paul Dienes, *Sur les singularités des fonctions analytiques en dehors du cercle de convergence* (*Comptes rendus,* 15 mars 1909).

situé sur le cercle de convergence de rayon $|x_0|$, et supposons qu'en ce point la fonction peut se mettre sous la forme

$$(1)\qquad f(x) = \frac{A_k P_k\left(\log\frac{1}{1-\frac{x}{x_0}}\right)}{\left(1-\frac{x}{x_0}\right)^k} + \ldots + \frac{A_1 P_1\left(\log\frac{1}{1-\frac{x}{x_0}}\right)}{\left(1-\frac{x}{x_0}\right)} + f_1(x),$$

où k est un nombre entier, $f_1(x)$ une fonction holomorphe ou, plus généralement, d'ordre négatif au point envisagé, et où les $P_i(z)$ sont des polynomes en z de degré quelconque. Soit enfin q le degré du polynome $P_k(z)$ et soit l'unité le coefficient du terme de degré q.

Cela posé, *si* $\lim\limits_{n=\infty} \frac{a_n}{n^r} = 0$, *on a*

$$\lim_{n=\infty} \frac{s_n^{(r-k)}}{n^k \log^q n} = \frac{\Gamma(r-k+1)}{\Gamma(r+1)} A_k,$$

où $s_n^{(r-k)}$ *est la* $(r-k)^{ième}$ *moyenne arithmétique des* $s_n(x_0)$.

Les moyennes arithmétiques permettent donc de calculer successivement les constantes numériques qui caractérisent complètement la singularité.

2. Dans le cas général où l'on ne fait aucune restriction aux coefficients, c'est la sommation exponentielle de M. Borel qui nous rend possible d'examiner la singularité de la fonction dans ses points critiques logarithmiques situés sur le polygone de sommabilité (sommets exclus).

En effet, *si la fonction peut s'écrire sous la forme* (1), *le point* x_0 *étant situé sur le polygone de sommabilité, on peut affirmer que*

$$(2)\qquad \lim_{a=\infty} \frac{\sum\limits_{n=0}^{\infty} s_n(x_0)\frac{a^n}{n!}}{\rho^a a^k \log^q a} = \frac{A_k}{k!},$$

où

$$s_n(x_0) = a_0 + a_1 x_0 + \ldots + a_n x_0^n.$$

On voit que la somme exponentielle permet d'examiner d'une manière complète les singularités logarithmiques. Ces deux théorèmes correspondent aux théorèmes analogues de M. Paul Dienes ([1]).

3. L'équation (2) est une relation absolument générale entre les coeffi-

---

([1]) PAUL DIENES, *Sur les singularités des fonctions analytiques* (*Comptes rendus*, 21 décembre 1908).

cients et les singularités logarithmiques situées sur le polygone de sommabilité. Pour atteindre les points singuliers situés en dehors de ce polygone, nous nous servirons de la représentation des fonctions analytiques par une suite de fonctions entières due à M. Mittag-Leffler. En particulier, nous choisirons, à cause de son analogie complète avec la sommation exponentielle, la représentation à l'aide d'une fonction entière sommatrice donnée par M. Mittag-Leffler dans sa Note V (*Acta math.*, t. XXIX).

Soit comme fonction sommatrice la fonction entière

$$E_\beta(a) = \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{a}{\log(n+\beta)}\right]^n \qquad (\beta > 1),$$

étudiée par M. Lindelöf. Ceci posé, nous avons le théorème général :

Si la fonction considérée $f(x)$, au point x_0 situé à l'origine d'une demi-droite exclue de l'étoile, peut se mettre sous la forme (1), *on a*

$$(3) \qquad \lim_{a=\infty} \frac{\sum_{n=0}^{\infty} s_n(x_0)\left[\frac{a}{\log(n+\beta)}\right]^n}{E_\beta(a)\, a^{k+q} f_k(a)} = \frac{A_k}{k!},$$

où

$$f_k(a) = \frac{1}{E_\beta(a)} \frac{d^k}{da^k} E_\beta(a).$$

La relation (3) peut s'écrire

$$\lim_{a=\infty} \frac{F_a(x_0)}{a^{k+q} f_k(a)} = \frac{A_k}{k!},$$

où $\lim_{a=\infty} F_a(x_0)$ est la suite des valeurs prises en x_0 par les fonctions entières qui s'approchent indéfiniment de $f(x)$ sur l'étoile; et sous cette forme elle nous montre que la suite

$$\lim_{a=\infty} F_a(x_0)$$

permet de caractériser complètement la singularité en question. Ce théorème est donc une solution partielle du problème posé par M. P. Dienes.

4. Les mêmes considérations s'appliquent au cas où le point singulier envisagé est un point critique à la fois algébrique et logarithmique. En effet, supposons que, plus généralement, la fonction puisse s'écrire

$$f(x) = A \frac{\log^q \dfrac{1}{1-\dfrac{x}{x_0}}}{\left(1-\dfrac{x}{x_0}\right)^\rho} + f_1(x).$$

où q est un nombre entier, ρ positif ou nul, et où l'ordre de $f_1(x)$ au point x_0, situé sur le polygone de sommabilités (sommets exclus), est inférieur à ρ. *En ce cas*

$$\lim_{a=\infty} \frac{\sum_{n=0}^{\infty} s_n(x_0)\frac{a^n}{n!}}{\rho^a a^\rho \log^q a} = \frac{A}{\Gamma(\rho+1)}.$$

Ce résultat est la généralisation d'un théorème analogue de M. P. Dienes relatif aux points critiques algébriques, démontré dans un Mémoire qui paraîtra prochainement dans le Journal de M. Jordan.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation aux dérivées partielles du type hyperbolique.* Note de M. **A. Myller**, présentée par M. Appell.

Dans une Note publiée récemment dans les *Comptes rendus* (22 mars 1909), M. Goursat étudie, à l'aide d'une méthode générale, les solutions de l'équation aux dérivées partielles

$$s = f(x, y, z, p, q),$$

qui satisfont à des conditions aux limites données. En m'occupant de l'équation linéaire

$$(1) \qquad s = ap + bq + cz + d,$$

j'ai obtenu, à l'aide de la méthode que j'ai indiquée dans les *Comptes rendus* (6 juillet 1908), les résultats suivants, concernant la solution de (1) qui satisfait aux conditions

$$(2) \qquad \begin{cases} \alpha_1 p + \beta_1 q + \gamma_1 z + \delta_1 = 0 & \text{pour} \quad y = f_1(x), \\ \alpha_2 p + \beta_2 q + \gamma_2 z + \delta_2 = 0 & \text{pour} \quad y = f_2(x). \end{cases}$$

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \delta_2$ sont des fonctions données de x; $y = f_1(x)$, $y = f_2(x)$ sont deux courbes situées dans le premier quadrant, qui passent par l'origine; chacune d'elles doit rencontrer, seulement une fois, une parallèle aux axes des coordonnées.

1° Supposons que les deux courbes $y = f_1(x)$, $y = f_2(x)$ se coupent en origine sous un angle différent de zéro et que l'on a encore

$$(3) \qquad \alpha_1(0) = \alpha_2(0), \quad \beta_1(0) = \beta_2(0), \quad \gamma_1(0) = \gamma_2(0), \quad \delta_1(0) = \delta_2(0).$$

L'équation (1) a, dans ce cas, toujours une solution dépendant de deux

paramètres arbitraires. On peut déterminer, en général, ces paramètres en exigeant par exemple que cette solution passe par deux points donnés

$$(x_1, y_1, z_1), \quad (x_2, y_2, z_2).$$

2° Les deux courbes $y = f_1(x)$, $y = f_2(x)$ se touchent en origine. En ajoutant aux conditions (3) les suivantes,

$$\left(\frac{d\alpha_1}{dx}\right)_{x=0} = \left(\frac{d\alpha_2}{dx}\right)_{x=0}, \qquad \left(\frac{d\beta_1}{dx}\right)_{x=0} = \left(\frac{d\beta_2}{dx}\right)_{x=0},$$
$$\left(\frac{d\gamma_1}{dx}\right)_{x=0} = \left(\frac{d\gamma_2}{dx}\right)_{x=0}, \qquad \left(\frac{d\delta_1}{dx}\right)_{x=0} = \left(\frac{d\delta_2}{dx}\right)_{x=0},$$

on peut obtenir aussi, dans ce cas, une solution dépendant de deux paramètres.

3° Supposons que les courbes se coupent en origine sous un angle différent de zéro, sans que les conditions (3) soient remplies. Dans ce cas, il n'existe pas toujours de solution satisfaisant à (2).

Il existe une solution dépendant d'un seul paramètre arbitraire dans le cas où l'on a

$$\frac{\alpha_1(0)}{\alpha_2(0)} \frac{\beta_2(0)}{\beta_1(0)} = 1.$$

Il existe une solution ne dépendant d'aucun paramètre arbitraire si l'on a

$$\left| \frac{\alpha_1(0)}{\alpha_2(0)} \frac{\beta_2(0)}{\beta_1(0)} \right| > k.$$

k est une constante plus petite que 1, qui doit satisfaire à l'inégalité

$$|\overline{f}_2[f_1(x)]| < kx.$$

On a désigné par $\xi = \overline{f}_2(x)$ la fonction inverse de $x = f_2(\xi)$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces hyperelliptiques*. Note de M. **Chillemi**, présentée par M. G. Humbert.

M. Traynard, dans sa Thèse de Doctorat, a démontré le théorème suivant :

Toute surface du quatrième degré sur laquelle sont tracées trente-deux droites partagées en deux groupes, tels qu'une droite d'un des groupes rencontre dix droites de l'autre groupe, est une surface hyperelliptique.

Je me propose d'établir, plus généralement, que :

Toute surface du quatrième degré sur laquelle sont tracées seize droites isolées et une autre droite qui en rencontre dix est une surface hyperelliptique.

En effet, la surface est régulière et a tous ses plurigenres égaux à l'unité. On en déduit que le système linéaire complet, défini par une courbe de genre virtuel p, est de degré $2p - 2$ et de dimension p.

Désignons par $a_1, a_2, \ldots, a_{16}$ les seize droites isolées et supposons que les dix premières soient celles que rencontre la droite donnée R.

Les sections faites par les plans qui passent par la droite R constituent un faisceau de cubiques elliptiques, dont chacune rencontre les droites $a_{11}, \ldots, a_{16}$.

Je considère maintenant le système linéaire complet :

$$|\Gamma| = |2R + a_1 + \ldots + a_{10}|.$$

Son degré est douze, et ses genre et dimension, sept.

Je désigne par K une cubique du faisceau et je considère le système linéaire complet :

$$|\Gamma'| = |2K + a_{11} + \ldots + a_{16}|.$$

Les systèmes $|\Gamma|$ et $|\Gamma'|$ coïncident, car les courbes d'un des deux systèmes découpent, sur une courbe de l'autre système, des groupes de la série caractéristique.

Les seize droites $a_1, \ldots, a_{16}$ sont fondamentales pour $|\Gamma|$.

Dans un espace à sept dimensions je considère la surface F' qui a pour sections hyperplanes des courbes du système $|\Gamma|$.

F' est donc d'ordre douze et le genre de ses sections hyperplanes est sept ; elle a seize points doubles isolés, A_i, images des seize droites a_i.

La droite R a pour image une courbe R_1 d'ordre six, qui passe avec une branche par les dix points doubles $A_1, \ldots, A_{10}$; c'est une courbe de contact de la surface avec un hyperplan. De même, la cubique K a pour image une courbe K_1, d'ordre six, qui passe avec une branche par les six points doubles $A_{11}, \ldots, A_{16}$ et est aussi courbe de contact de la surface avec un hyperplan.

Or, en suivant une idée de MM. Enriques et Severi [1], j'ai démontré,

(1) Enriques et Severi, *Intorno alle superficie iperellittiche* (*Rendiconti dell'Acc. dei Lincei,* anno 1907).

Voir aussi G. Bagnera et de Franchis, *Le superficie algebriche le quali ammettono una rappresentazione parametrica mediante funzioni iperellittiche di due argomenti* (*Società italiana delle Scienze*, serie 3ª, tomo XV).

dans ma Thèse de Doctorat, que, dans un espace à $2M+1$ dimensions, une surface d'ordre $4M$ à seize points doubles isolés, pour laquelle le genre de la section plane générique est $2M+1$, est une surface hyperelliptique, si elle possède deux courbes d'ordre $2M$, dont l'ensemble passe avec un nombre impair de branches par chaque point double, et dont chacune soit courbe de contact de la surface avec un hyperplan.

On conclut que la surface F', et en conséquence son image F, est hyperelliptique.

La méthode que j'ai employée est générale et peut s'employer dans beaucoup d'autres cas.

On peut énoncer le théorème général suivant :

Toute surface du quatrième ordre, sur laquelle sont tracées seize courbes unicursales isolées (d'ordre impair), est une surface hyperelliptique, si sur elle existent deux autres courbes unicursales, dont l'ensemble rencontre chacune des seize courbes en un nombre impair de points.

PHYSIQUE. — *Stabilité et diffusion; action de masse. Analogies mécaniques des lois du déplacement de l'équilibre.* Note de M. C. RAVEAU.

I.

1. Sous le bénéfice d'une seule hypothèse très générale, on peut conclure de la seule existence de la diffusion, telle qu'elle s'exerce entre deux parties non homogènes d'un mélange fluide, à la stabilité des équilibres physiques et chimiques. Soient en effet deux états 1 et 2 d'un même système, qui, à la même température et sous la même pression, diffèrent légèrement par la constitution de leurs phases *fluides*. Mettons en relation les phases homologues des deux systèmes. La diffusion donnera naissance à un état intermédiaire 3. Supposons que les états 1 et 2 aient été choisis de telle façon que 3 soit un état d'équilibre. Il suffit d'admettre que cet équilibre est *également stable ou instable* par rapport aux deux perturbations opposées qui ont engendré les états 1 et 2, pour pouvoir affirmer qu'en réalité il est stable.

Dans le cas particulier où les phases homologues des états 1, 2 et 3 peuvent avoir même composition avec des masses différentes, l'équilibre est indifférent.

2. A la fin du Tome IV de son *Traité élémentaire de Mécanique chimique fondée sur la Thermodynamique*, M. Duhem énonce le théorème suivant

(p. 312) : *L'état d'équilibre d'un système hétérogène, maintenu à température et sous pression constantes, est toujours un état d'équilibre stable (ou indifférent)*. Le théorème et la démonstration de M. Duhem sont identiques en substance au contenu du paragraphe précédent.

En effet, le théorème est présenté expressément comme la conséquence d'une inégalité établie au commencement du Tome III (p. 8). Nous lisons en cet endroit, où il est question de l'équilibre d'un mélange homogène :

« Admettons que cet équilibre soit stable, c'est-à-dire que la diffusion tende nécessairement à rétablir l'homogénéité du mélange quand cette homogénéité a été légèrement troublée, et cherchons les propriétés qui en découlent.... »

Ces propriétés se réduisent, pour chaque mélange, à l'inégalité en question. Quant au mécanisme du calcul qui fait dépendre la stabilité du système du sens de cette inégalité, il ne comporte essentiellement que la considération d'une fonction dont la différentielle première soit nulle et la différentielle seconde positive dans tout état d'équilibre stable. La démonstration de M. Duhem emprunte uniquement, à l'expression analytique des principes de la Thermodynamique, cette façon d'exprimer l'hypothèse très générale que nous avons invoquée.

Si la température et la pression des systèmes 1 et 2 sont d'abord différentes, on peut supposer qu'elles s'égalisent par des échanges de travail et de chaleur. On retrouve ainsi en particulier le théorème énoncé par M. Duhem relativement à la stabilité à température constante et sous volume constant.

3. Des raisonnements tout aussi simples permettent de justifier le sens de *l'action de masse*.

A deux exemplaires identiques d'un même système homogène, ajoutons et retranchons respectivement une masse dm de l'un des corps qui y existent. Le retour à l'équilibre pourrait se faire par diffusion sans action chimique. Mais nous imaginerons que nous ne mettions les deux systèmes en relation qu'après avoir laissé l'équilibre chimique s'établir dans chacun d'eux. Dans ce premier pas, la quantité dm ajoutée diminue, sans quoi la liaison qui empêche la diffusion aurait pour effet d'éloigner les deux systèmes de l'état d'équilibre définitif.

4. Les considérations qui précèdent conservent un des caractères des raisonnements de la Thermodynamique : elles sont toujours basées sur la comparaison de deux chemins menant d'un état à un autre. Elles me paraissent aussi présenter quelque intérêt en ce qu'elles attirent l'attention sur la réciprocité des propriétés du mélange et de l'action chimique, réciprocité qui est bien dans l'esprit de la Thermodynamique, laquelle ne distingue pas entre la nature physique ou chimique des phénomènes.

II.

1. La considération des liaisons amovibles à volonté, qui vient de nous servir, est essentielle dans les raisonnements relatifs au déplacement de l'équilibre par variation de température ou de pression. On peut trouver une infinité d'analogies, ou mieux d'exemples simples, de ce déplacement. L'importance de la question me paraît assez grande pour que je croie devoir en citer deux :

a. Un fil fixé en deux points A, B est soumis en un troisième point C, situé au delà de B, à une traction. On libère ensuite le point B. Si l'on veut laisser à AC la même longueur totale, il faut diminuer la traction exercée. Si au contraire on laisse cette traction constante, le fil subit un nouvel allongement.

b. Une balance étant en équilibre, on fixe l'un des plateaux au fléau et l'on charge l'autre. Si l'on veut, après avoir rendu sa liberté au premier plateau, conserver la même inclinaison au fléau, il faut enlever une partie du poids ajouté. Au contraire, si on laisse ce poids constant, l'inclinaison du fléau augmente.

Dans ces deux cas les *forces* satisfont bien à la loi d'opposition de Le Chatelier; les *déplacements* obéissent à une loi contraire.

2. Je terminerai par une remarque relative à la terminologie employée généralement à propos des divers équilibres que représentent par exemple les différentes parties de l'isotherme complet de James Thomson.

On parle quelquefois d'équilibres stables ou instables *en soi*, les premiers étant ceux qu'il est possible de réaliser et de maintenir, au moins dans certaines circonstances. C'est, à mon avis, attribuer une importance exagérée à l'impossibilité pratique où nous sommes de réaliser un équilibre *mécaniquement* instable. Un équilibre est stable par rapport à certaines perturbations et instable par rapport à certaines autres ; un état représenté par un des points de la partie moyenne de l'isotherme, où la compressibilité est négative, est stable par rapport à des variations de température à volume constant.

PHYSIQUE. — *Sur la polarisation par diffusion latérale.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. Lippmann.

On sait que lorsqu'on fait passer un rayon de lumière naturelle à travers un liquide transparent, tel que l'eau, l'alcool, etc., et qu'on examine suivant une direction perpendiculaire au rayon on observe un phénomène

d'illumination latérale, et l'on peut constater, à l'aide d'un polariscope, que la lumière ainsi renvoyée est polarisée, le plan de polarisation étant défini par le rayon incident et par la droite suivant laquelle on examine latéralement le faisceau (directions que nous supposerons l'une et l'autre horizontales). Si le liquide, au lieu d'être bien limpide, contient en suspension des particules cristallines, on a un phénomène de diffusion qui augmente la quantité de lumière renvoyée latéralement et qui, généralement, diminue la proportion de lumière polarisée, mais le plan de polarisation coïncide encore avec le plan de diffusion ([1]) défini par les deux directions indiquées plus haut.

Tel est, en effet, le phénomène qui se produit avec presque toutes les liqueurs (au nombre de plus de 1000) que j'ai étudiées au point de vue du dichroïsme magnétique.

Toutefois, et c'est là l'objet de la présente Note, il se présente une exception singulière pour les liqueurs constituées par l'acide borique associé avec les liquides dont l'indice est supérieur à son indice efficace (1,42 environ).

Ces liqueurs, examinées suivant une perpendiculaire au rayon incident, montrent que la lumière ainsi renvoyée et qui est partiellement polarisée a son plan de polarisation *perpendiculaire au plan de diffusion* (dichroïsme négatif). L'action spéciale de l'acide borique en suspension dans ces liquides peut se manifester d'une façon très frappante par l'expérience suivante :

En laissant reposer la liqueur jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment limpide, on a le phénomène ordinaire de diffusion et de polarisation, caractérisé par certaines couleurs distribuées dans le polariscope; si l'on vient à agiter la cuve pour mettre les particules cristallines en suspension, l'apparence est aussitôt modifiée et *il y a permutation des teintes observées dans l'appareil.*

L'acide borique présentait d'ailleurs une autre anomalie que j'ai déjà signalée et que j'ai attribuée à une orientation des cristaux sous l'influence de la pesanteur : la plupart des liqueurs dans lesquelles il entre comme constituant offrent le *dichroïsme spontané,* c'est-à-dire modifient inégalement les composantes verticales et horizontales de la lumière qui les traverse, de telle sorte qu'une cuve contenant cette liqueur et sur laquelle tombe normalement un faisceau horizontal de la lumière naturelle laisse sortir de la lumière partiellement polarisée, le plan de polarisation étant horizontal ou vertical (dichroïsme positif ou négatif) suivant que les liquides ont un indice supérieur ou inférieur à 1,42.

Ainsi, les liquides formés par l'association de l'acide borique avec l'essence de térébenthine, la benzine, le cinnamène, l'aniline, etc., présentent par transmission diffuse le dichroïsme positif, c'est-à-dire que la vibration

---

([1]) D'après les conventions que j'ai indiquées, c'est le cas du dichroïsme positif.

restante est verticale, tandis que, par réflexion diffuse à 90° du rayon incident, elles offrent, contrairement à toutes les autres liqueurs, le dichroïsme négatif, la vibration la plus intense étant celle qui s'exécute dans le plan horizontal.

L'existence du dichroïsme spontané, qui peut intervenir dans l'explication de cette anomalie, n'est pas d'ailleurs la seule condition nécessaire pour qu'elle se manifeste.

Si, en effet, on examine les liqueurs dont le dichroïsme spontané est négatif (chlorate de potasse dans l'alcool amylique ou dans l'alcool butylique, acide borique dans l'amylène ou dans l'éther, etc.), on n'observe pas cette singularité; il est vrai que, si le dichroïsme spontané par transmission diffuse est négatif, on pourrait à la rigueur penser que le phénomène de réflexion diffuse, étant sans doute complémentaire du premier, ne saurait être que le dichroïsme positif normal dont il a été question.

Mais, de plus, même en s'adressant à des liqueurs qui, comme le carbonate de potasse associé au pétrole ou à l'alcool amylique, ou comme l'acétate de soude associé à l'alcool butylique, présentent par transmission diffuse le dichroïsme positif (pareillement à l'acide borique associé au térébenthène), on observe, par réflexion diffuse, non pas le dichroïsme négatif, mais le dichroïsme positif normal.

Cette anomalie n'est donc ni une conséquence nécessaire, ni du dichroïsme spontané en général, ni même du dichroïsme spontané positif.

Toutefois, comme l'acide borique se distingue par l'énergie du dichroïsme spontané auquel il donne naissance, j'ai songé à m'adresser à d'autres corps dont le dichroïsme spontané intense a été signalé (¹).

L'acide pyrogallique a en effet manifesté le même phénomène exceptionnel que l'acide borique; par contre, l'acide gallique qui se comporte comme l'acide pyrogallique au point de vue du dichroïsme spontané, du dichroïsme magnétique et du dichroïsme électrique, n'a pas présenté la même anomalie.

PHYSIQUE. — *Sur un amplificateur microscopique divergent.* Note de M. **Alphonse Berget**, présentée par M. Lippmann.

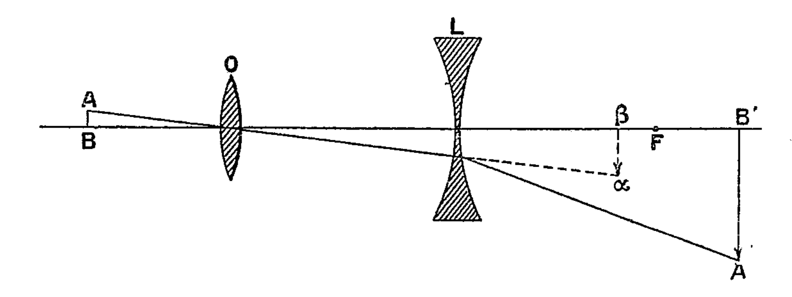
Quand on veut obtenir de forts grossissements microscopiques, on est conduit à employer, concurremment avec un oculaire déterminé, des objectifs de foyer très court, voire même des objectifs à immersion, qui obligent l'objet à être presque en contact avec la face antérieure du système optique, c'est-à-dire, pour employer le langage des opticiens, qui comportent une *distance frontale* presque nulle.

(¹) Chaudier, *Thèse de Doctorat,* 1908 (*Annales de Chimie et de Physique*).

Mais il est des cas où l'on ne peut pas approcher suffisamment de l'objet à étudier et où il faut nécessairement se contenter d'un objectif de foyer plus grand : on serait alors conduit, si l'on voulait avoir le même grossissement, à allonger énormément le corps de l'instrument, ce qui le rendrait difficilement maniable.

M'étant trouvé tout récemment devant un problème de ce genre au cours de recherches relatives à la Physique du globe, j'ai pensé qu'on pourrait résoudre la difficulté par l'emploi d'un système divergent interposé : on a réalisé cela, déjà, pour certaines lunettes astrophotographiques, qui ont mis en application cette idée dont la première indication est due à Cassegrain; on fait également usage de ce dispositif dans les *téléobjectifs* photographiques. Aussi ai-je pensé utiliser le système divergent dans le microscope ordinaire, et l'expérience m'a fait voir que son emploi était, dans certains cas, des plus avantageux.

Le système amplificateur est formé d'une ou de plusieurs lentilles divergentes de court foyer, serties dans un tube qu'on peut faire glisser dans le corps du microscope. L'instrument dont je me suis servi, construit par M. Nachet et appartenant à l'Institut océanographique, possède un diaphragme sur lequel vient s'appuyer le système divergent.



Celui-ci doit être placé de telle façon que l'image réelle $\alpha\beta$ que donnerait l'objectif si la lentille divergente n'était pas interposée soit placée entre cette lentille L et son foyer F. Dans ces conditions, elle fonctionne comme « objet virtuel » et vient donner une image réelle, agrandie, et de même sens, A′B′, de l'objet AB. C'est cette image A′B′ qui est observée à l'aide de l'oculaire ordinaire du microscope.

Voici, à titre d'indication, les résultats de quelques mesures :

Avec un objectif n° 3 braqué sur un micromètre divisé en *centièmes de millimètre*. l'oculaire étant muni d'un fil commandé par une vis micrométrique à tambour divisé, il faut, pour mesurer un intervalle de 10^{μ}, faire tourner le tambour de huit divisions.

Si, dans ces conditions, on interpose le système divergent, sans rien changer d'ailleurs à l'objectif et à l'oculaire, on aura, pour les mêmes 10^{μ}, un déplacement du

tambour de *soixante divisions*. Le grossissement est multiplié ainsi par 7, mais la distance frontale est d'environ 1^{cm}. Si l'on voulait obtenir le même grossissement sans le train divergent, il faudrait employer l'objectif n° 7, ce qui obligerait à réduire la distance frontale à une petite fraction de millimètre.

L'avantage de l'*amplificateur divergent* est donc manifeste, toutes les fois qu'il faudra viser, avec un fort grossissement, un objet dont on ne peut pas beaucoup s'approcher. Par exemple, pour les observations planktoniques, il dispensera, dans la plupart des cas, de l'emploi des objectifs à immersion. Pour les physiciens, il sera très utile dans l'observation des électromètres capillaires; il permettra d'observer au microscope micrométrique la distance entre une pointe et son image vue dans un ménisque, distance qu'on ne pouvait jusqu'ici observer qu'avec des *viseurs* de moindre grossissement; aux minéralogistes il permettra d'étudier sous de fortes amplifications les *inclusions* qu'on rencontre dans certains cristaux; il aura son application dans les microscopes micrométriques employés dans les instruments de Géodésie et d'Astronomie, en permettant de les placer plus loin des graduations dont l'éclairage sera ainsi grandement facilité; enfin, il aura sans doute des applications aux recherches ultra-microscopiques.

Il est à remarquer qu'on est maître de l'importance de l'amplification réalisée ainsi, et cela de deux manières : avec un train divergent donné, en faisant varier sa position par rapport à l'image objective (ce qui obligerait à modifier le microscope), ou simplement en employant des *trains divergents* de puissance variable, ce qui se fait aussi facilement que de changer d'oculaire. C'est à ce dernier dispositif que je me suis arrêté, parce qu'il est le plus simple et n'exige l'adjonction d'aucun organe qui modifie le microscope employé.

PHYSIQUE. — *Sur l'évaporation des solutions aqueuses.* Note [1] de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

J'ai eu l'occasion de montrer [2] que l'addition d'acide sulfurique à l'eau ne modifie pas la constante B de la formule d'évaporation

$$q = B\frac{S(F-f)}{H}, \tag{1}$$

(1) Présentée dans la séance du 19 avril 1909.

(2) *Comptes rendus*, 19 avril 1908.

à condition de remplacer F, tension maxima de l'eau pure, par F′, tension de la solution réalisée. En particulier, ce facteur B a même valeur pour l'acide sulfurique pur et pour l'eau pure.

Les solutions sulfuriques sont, je crois, les seules solutions aqueuses dont on ait déterminé la tension maxima à toutes les températures avoisinant la température ordinaire.

Mais il y a quelques solutions dont la tension maxima a été déterminée à 0° : solutions à diverses concentrations de KOH, NaOH, PO^4H^3, KCl, KBr, KI, NaCl, $NaAzO^3$, LiCl, $CaCl^2$, glycérine [1]. Comme entre 0° et 20° les variations de la tension sont relativement lentes, on peut sans grande erreur considérer, entre ces limites, $\frac{F'}{F}$ comme constant (pour les solutions sulfuriques, d'après les chiffres de Regnault, l'écart ne dépasse pas le centième) et calculer par suite la valeur de F′ pour toute température inférieure à 20° d'après sa valeur fournie à 0°.

Il devient dès lors possible de vérifier si l'observation faite sur l'acide sulfurique peut être généralisée, autrement dit si, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse d'évaporation d'une solution aqueuse dépend ou non de la nature du corps fixe dissous.

A cet effet, on introduit 20^{cm^3} de la solution à expérimenter dans un vase cylindrique en verre de 25^{cm^2} de section intérieure et de $1^{cm},2$ de hauteur. On dispose ce vase sur l'un des plateaux d'une balance sensible et, à côté, des poids marqués de façon à équilibrer une charge constante de 100^g placée dans l'autre plateau. Lorsque l'équilibre est réalisé à 1^{mg} ou 2^{mg} près, on ferme la balance, on attend une minute ou deux que l'évaporation ait pris un état de régime, puis on note la perte de poids p de la solution pendant la durée t de 10 oscillations du fléau (122 secondes).

On remplace ensuite la solution par un même volume d'acide sulfurique pur et l'on répète la détermination précédente. On note pendant le temps t une variation de poids p'.

En réalité, comme dans l'intervalle des deux mesures, f a pu varier dans la cage de la balance; on fait de p' deux déterminations p'_1 et p'_2, comprenant entre elles celle de p, les trois déterminations étant d'ailleurs aussi rapprochées que possible.

Soient b la valeur que prendrait p si la pression atmosphérique était de 760^{mm} et $F'-f$ égal à 1, b' la valeur que prendrait p' si, la pression étant de 760^{mm}, on avait $f=1$. On aura évidemment

$$p = b \times \frac{760}{H}(F'-f)$$

---

(1) DIETERICI, *Wied. Ann.*, t. XLII, 1891, p. 513; t. L, 1893, p. 47; t. LXII, 1897, p. 616.

et

$$p' = b' \times \frac{760}{H} \times f,$$

H étant la pression barométrique au moment de l'expérience. Si maintenant la vitesse d'évaporation ne dépend que de la différence $F' - f$ et non de la nature du corps dissous, on doit avoir $b = b'$ et par suite

$$P = p + p' = b \times \frac{760}{H} \times F'.$$

On a d'ailleurs, en admettant la loi de Babo entre o° et la température t de la solution,

$$F' = F'_0 \times \frac{F}{F_0},$$

F'_0 étant la tension de la solution à o°, F_0 et F les tensions de l'eau pure à o° et à $t°$, d'où finalement

$$b = \frac{P \times H \times F_0}{760 \times F'_0 \times F}.$$

Le Tableau qui suit résume les résultats obtenus :

Corps dissous.	Pour 100.	F'_0.	t.	H.	P (millig.).	b (millig.).	Écart avec la valeur moyenne.
	Eau pure	4,62	18°,3	745	7,44	0,472	−0,008
KOH	26,5	3,61	13,3	746	3,48	(0,388)	(−0,092)
»	37,7	2,80	13,2	»	2,36	(0,336)	(−0,144)
»	49,8	1,57	13,2	»	1,16	(0,296)	(−0,184)
NaOH	21,7	3,09	16,3	740	4,54	0,474	−0,006
»	25,5	2,58	15,7	»	3,68	0,478	−0,002
»	32,3	1,61	16,4	»	2,40	0,478	−0,002
»	36,1	1,16	16,0	»	1,66	0,470	−0,010
PO^4H^3	43,1	3,53	15,0	744	4,84	0,482	+0,002
»	55,1	2,74	15,2	»	3,80	0,482	+0,002
»	68,8	1,56	15,2	»	2,00	0,446	−0,034
»	79,0	0,69	15,4	»	1,06	0,516	+0,036
KBr	32,7	4,02	12,1	746	4,58	0,482	+0,002
»	22,5	4,26	12,3	»	5,06	0,500	+0,020
»	»	»	13,45	»	5,24	0,478	−0,002
KI	53,6	3,58	13,8	746	4,60	0,490	+0,010
»	52,0	3,61	13,2	747	4,42	0,486	+0,006
»	49,9	3,70	13,7	746	4,64	0,484	+0,004
Na Cl	19,4	3,90	13,2	746	4,78	0,486	+0,006
»	22,3	3,74	13,25	»	4,68	0,494	+0,014

Corps dissous.	Pour 100.	F'_0.	t.	H.	P (millig.).	b (millig.).	Écart avec la valeur moyenne.
NaCl	26,0	3,52	13°,3	»	4,18	0,468	—0,012
$NaAzO^3$.....	38,0	3,87	12,6	»	4,32	0,472	—0,008
»	31,0	4,05	12,6	»	4,46	0,466	—0,014
»	»	»	13,3	»	5,16	0,500	+0,020
LiCl........	29,8	2,13	15,3	747	2,98	0,486	+0,006
»	27,2	2,48	12,4	»	2,92	0,492	+0,012
»	26,5	2,55	13,3	746	2,96	0,458	—0,022
»	25,0	2,74	14,4	747	3,62	0,486	+0,006
$CaCl^2$.......	26,4	3,30	13,5	»	3,96	0,468	—0,012
»	»	»	13,5	746	4,04	0,480	0,000
»	35,2	2,28	14,0	747	2,94	0,486	+0,006
»	»	»	14,2	746	3,02	0,492	+0,012
Glycérine ...	75,5	2,55	13,3	»	3,00	0,464	—0,016
» ...	40,5	3,97	13,3	»	4,72	0,470	—0,010
» ...	27,0	4,27	13,25	»	5,24	0,484	+0,004
			Valeur moyenne...........			0,480	

A part le cas des solutions de KOH, les écarts entre les diverses valeurs de b semblent assez petits pour être mis sur le compte des erreurs d'expérience. Mais, en dehors de ce cas exceptionnel, il semble bien qu'une solution entretienne constamment au voisinage immédiat de sa surface une couche d'air saturée et que la vitesse avec laquelle elle s'évapore soit réglée uniquement par la vitesse avec laquelle cette couche se diffuse dans l'atmosphère ambiante. Comme, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse de diffusion est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue, on conçoit que l'influence des variations de la température ambiante (12° à 17°) sur la valeur de b ait été trop faible pour se manifester dans les déterminations qui précèdent.

PHYSIQUE. — *Recherches sur le diamètre de l'acétylène.* Note de M. **E. Mathias**, présentée par M. E. Bouty.

Le principal intérêt de la loi du diamètre rectiligne, énoncée dès 1886 par M. L. Cailletet et moi, en dehors des applications connues, consiste surtout dans la possibilité d'étudier simplement la loi des états correspondants et ses déviations.

Il est nécessaire de procéder à une exploration systématique des corps

appartenant aux fonctions chimiques les plus diverses et existant à l'état liquide soit aux températures ordinaires, soit aux températures les plus basses, pour voir dans quelles limites varie la constante

$$a = -\alpha \frac{\Theta}{\Delta} \quad (^1)$$

qui devrait être une constante absolue si la loi des états correspondants, *dans le cas de la courbe des densités,* s'appliquait à tous les corps pris en bloc.

J'ai étudié, dans ce but, l'acétylène C^2H^2, dont la température critique est voisine de celle de CO^2, afin de voir si la triple liaison du carbure exerce une action plus grande que celle de la température critique, qui paraît jusqu'ici être la variable de beaucoup la plus importante.

J'ai préparé l'acétylène pur par la méthode de Moissan. Le gaz provenant d'un appareil à acétylène Lacroix, convenablement purgé d'air, était privé de ses impuretés (PH^3 et SiH^4) par des absorbants convenables avant de se rendre dans un gazomètre bien étanche. Ce gaz, purgé par deux flacons laveurs des dernières traces de PH^3 et SiH^4, privé de sa vapeur d'eau par un tube à chlorure de calcium anhydre, puis par trois tubes à boules de Moissan maintenus à $-79°$ par de l'acétone saturée de neige carbonique, était solidifié dans deux tubes consécutifs plongés séparément dans des récipients remplis d'air liquide. Les tubes à acétylène solide communiquaient, d'une part, avec un tube vertical de 1^m de haut plongeant dans du mercure, puis avec une pompe Fleuss et enfin avec deux tubes-laboratoires préalablement jaugés et calibrés avec le plus grand soin et munis de douilles permettant de les fixer sur des blocs Cailletet. Après dix-sept lavages au gaz sec, non solidifié, pour enlever l'humidité des tubes-laboratoires, on a solidifié le gaz, puis fait le vide à la fois sur le gaz solide et dans les tubes-laboratoires à une petite fraction de millimètre de mercure; puis on a laissé réchauffer le gaz solidifié, dont les vapeurs ont de nouveau rempli l'appareil; puis on a fait le vide de nouveau. La cinquième fois, on a fait le vide par 200 tours de la pompe Fleuss et l'on a laissé rentrer le gaz qu'on a considéré comme pur. Les tubes-laboratoires, isolés sur le mercure, ont été observés à la température ambiante pour diverses valeurs de la pression atmosphérique, et l'on a calculé la masse de gaz qu'ils contenaient, en admettant pour la densité normale de l'acétylène 0,9056 et pour le coefficient de dilatation moyen du gaz entre 0° et 100° à pression constante 0,003738, valeurs données par M. A. Leduc. Les masses de gaz de chacun des tubes paraissent connues à moins de $\frac{1}{5000}$ près.

L'un des tubes, relativement large, était spécialement adapté à la mesure des densités de vapeur saturée par disparition de la dernière trace de liquide. L'autre, qui

---

(1) $\alpha =$ coefficient angulaire du diamètre rectiligne; $\Theta = 273 + \theta =$ température critique absolue; $\Delta =$ densité critique.

était beaucoup plus étroit, permettait de mesurer à la fois les deux sortes de densités δ et δ' à la même température, en passant par la détermination du rapport $\frac{\delta'}{\delta}$ de la densité de la vapeur à celle du liquide. Les résultats publiés se rapportent exclusivement à ce dernier tube, la précision obtenue dans la mesure de δ' étant incomparablement plus grande par la seconde méthode que par la première.

On a pris des précautions toutes spéciales contre les phénomènes d'hystérésis provenant de ce que le ménisque, observé à température constante, a, si l'expérience n'est pas prolongée un temps suffisant, une position qui dépend des modifications antérieures du fluide. Les erreurs des mesures peuvent être considérées comme dues uniquement à l'hystérésis, les erreurs de lecture et de calibrage étant généralement de l'ordre de $\frac{1}{3000}$ ou $\frac{1}{10000}$. A cause de l'hystérésis, on n'a pas cherché à faire de mesures au voisinage immédiat du point critique.

Les mesures sont résumées dans le Tableau suivant :

t.	δ.	δ'.	$\frac{\delta'}{\delta}$.	y (obs.).	y (calc.).	(Obs.)-(Calc.).
$-23^\circ,75$	0,5185	0,02168	0,0418	0,2701	0,2695	+0,0006
+ 6,08	0,4474	0,0528	0,1180	0,2501	0,2504	— 3
6,18	0,4478	0,0529	0,1182	0,2504	0,2504	0
12,04	0,4295	0,0632	0,1472	0,2464	0,2466	— 2
17,08	0,4120	0,0740	0,1795	0,2430	0,2434	— 4
20,32	0,3987	0,0831	0,2084	0,2409	0,2413	— 4
23,43	0,3859	0,0925	0,2397	0,2392	0,2393	— 1
24,13	0,3814	8,0958	0,2513	0,2386	0,2389	— 3
29,02	0,3559	0,1160	0,3261	0,2360	0,2357	+ 3
29,11	0,3556	0,1163	0,3271	0,2360	0,2357	+ 3
31,48	0,3379	0,1305	0,3863	0,2342	0,2342	0
32,14	0,3315	0,1361	0,4091	0,2336	0,2337	— 1
32,93	0,3282	0,1393	0,4245	0,2337	0,2332	+ 5

La dernière colonne montre que l'équation

$$y = \frac{\delta + \delta'}{2} = 0,25431 - 0,00064t$$

du diamètre rectiligne représente l'observation avec une précision qui, dans la plupart des cas, dépasse le *millième*. Seule, la densité relative à -23° est sensiblement plus grande que la densité calculée, ce qui semble montrer qu'aux basses températures le diamètre tourne sa convexité du côté de l'axe des abscisses, comme c'est le cas pour beaucoup d'ammoniaques composées.

La température critique a été déterminée, avec le tube large, par la méthode de S. Young ; la substance, renfermée sous la densité critique, était

soumise, sous une série de températures constantes voisines, à une suite de détentes très faibles redonnant ou non le liquide selon qu'on était au-dessous ou au-dessus de la température critique. On a trouvé ainsi : $\theta = 37°,0$ à $37°,05$. Admettons $\theta = 37°,05$. L'équation du diamètre rectiligne donne alors $\Delta = 0,2306$, d'où l'on déduit :

$$a = 0,00064 \frac{310,05}{0,2306} = 0,8605,$$

$$b = \frac{a}{\sqrt{\Theta}} = \frac{0,8605}{17,608} = 0,0489.$$

Comparons l'acétylène et l'anhydride carbonique :

	Θ.	Δ.	*a*.	*b*.
CO^2	304°,35	0,464	0,858	0,0493
C^2H^2	310°,05	0,2306	0,8605	0,0489

Malgré la différence des fonctions chimiques, les constantes *a* et *b* des deux gaz sont sensiblement identiques ; l'influence prépondérante de la température critique est ici nettement mise en évidence.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sulfate cuivreux*. Note de M. **A. Recoura**, présentée par M. A. Haller.

Le sulfate cuivreux n'avait pu être isolé jusqu'ici, malgré les nombreuses tentatives faites pour l'obtenir. La raison en est, comme on le verra plus loin, que ce sel est immédiatement et complètement décomposé par l'eau. Néanmoins, son existence paraissait établie par divers faits. Foerster et Seidel (*Zeit. anorg. Chem.*, t. XIV, 1897, p. 106) admettent sa formation passagère dans l'électrolyse des solutions acides de sulfate de cuivre. Joannis (*Comptes rendus*, t. CXXV, 1897, p. 948 et 1903; t. CXXXVI, p. 615) a, d'autre part, isolé une combinaison de sulfate cuivreux et d'oxyde de carbone, $Cu^2SO^4(CO)^2, H^2O$. Un sulfate cuivreux ammoniacal $Cu^2SO^4, 4AzH^3$, a également été isolé par Péchard (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 504) et plus tard par Bouzat (*Comptes rendus*, 13 janvier 1908), ainsi que par Foerster et Blankenberg (*Ber.*, t. XXXIX, 1906, p. 4428). Mais, quand on cherche à chasser de ces combinaisons l'oxyde de carbone ou l'ammoniaque, on détruit en même temps le sulfate cuivreux.

Je suis parvenu à isoler le sulfate cuivreux à l'état solide en provoquant sa formation en dehors de l'eau, en milieu organique. J'ai pensé que le sulfate neutre de méthyle, qui se prête très bien aux doubles décompositions et qui, en raison de cette propriété, est fréquemment employé dans les syn-

thèses de composés organiques, me permettrait d'obtenir le sulfate cuivreux en partant d'un autre composé cuivreux. Je l'ai obtenu en effet par double décomposition entre l'oxyde cuivreux et le sulfate neutre de méthyle :

$$Cu^2O + SO^4(CH^3)^2 = Cu^2SO^4 + (CH^3)^2O.$$

Cette réaction se réalise avec une grande facilité, sans qu'il soit nécessaire d'opérer dans une atmosphère artificielle exempte d'oxygène, comme avaient dû le faire les auteurs qui ont préparé les combinaisons que j'ai mentionnées. On rencontre, il est vrai, une petite difficulté, qui provient de ce que, quand la totalité de l'oxyde cuivreux a été transformée en sulfate, le sulfate de méthyle en excès peut, à son tour, réagir sur le sulfate cuivreux et le transformer en sulfate cuivrique. Mais, comme, d'une part, cette réaction secondaire ne se produit, comme je m'en suis assuré, que quand la première est terminée, et que, d'autre part, si l'on se place dans des conditions de température convenables, elle ne se produit qu'avec lenteur, il est facile, en se conformant aux indications que je vais donner, de saisir la fin de la réaction et d'obtenir le sulfate cuivreux pur.

Dans un petit ballon muni d'un tube à dégagement se rendant sur la cuve à mercure, on chauffe 2^g d'oxyde cuivreux porphyrisé (exempt de CuO) et 20^{cm^3} de sulfate de méthyle bien pur. Il faut maintenir la température à 160° et agiter fréquemment le ballon. On voit l'oxyde cuivreux devenir blanc grisâtre, en même temps qu'on recueille abondamment de l'oxyde de méthyle gazeux. Au bout d'un quart d'heure environ, le dégagement gazeux cesse à peu près brusquement et l'on voit se produire dans le tube abducteur une tendance à l'absorption. Il faut alors cesser de chauffer, car, si l'on continuait, la seconde réaction commencerait à s'établir.

On décante le sulfate de méthyle, on lave plusieurs fois le produit avec de l'éther anhydre, et l'on fait évaporer l'éther dans un exsiccateur à vide. Toutes ces opérations peuvent se faire au contact de l'air, sans prendre d'autres précautions que de laisser à la surface du produit une légère couche d'éther qui le préserve de l'oxydation pendant l'évacuation de l'air de l'exsiccateur. Car le produit, qui, dans l'éther liquide, est inaltérable, s'altère très vite au moment où l'éther achève de s'évaporer.

On obtient ainsi une poudre blanc grisâtre, qui est absolument inaltérable dans l'air sec. Sa composition est Cu^2SO^4. L'analyse en a été faite de la façon suivante. Le produit a été traité par l'eau, qui l'a immédiatement détruit, et l'on a obtenu, d'une part, une solution de sulfate cuivrique pur et, d'autre part, un dépôt de cuivre métallique :

	Trouvé.
Cuivre précipité	1^{at}
Sulfate de cuivre dissous	$1^{mol},0004$

La décomposition du sulfate cuivreux par l'eau étant instantanée et complète, il était intéressant de mesurer les phénomènes thermiques qui l'accompagnent. J'ai trouvé

$$Cu^2SO^4 \text{solide} + Aq = CuSO^4 \text{dissous} + Cu \text{ précipité} + 21^{Cal}.$$

Or, la chaleur de dissolution du sulfate cuivrique anhydre étant de $15^{Cal},8$, on en déduit que le dédoublement du sulfate cuivreux anhydre en sulfate cuivrique anhydre et cuivre est accompagné d'un *dégagement* de chaleur de $5^{Cal},2$, c'est-à-dire que c'est une réaction exothermique ([1]) et que, par suite, la formation du sulfate cuivreux à partir du sulfate cuivrique et du cuivre est au contraire une réaction endothermique ($-5^{Cal},2$). Ce fait est en opposition avec ce qui a lieu pour les autres composés cuivreux, dont on a mesuré la chaleur de formation (oxyde, chlorure, sulfure) et qui sont formés avec dégagement de chaleur à partir du cuivre et du composé cuivrique correspondant.

Le dédoublement exothermique du sulfate cuivreux en cuivre et sulfate cuivrique, qui explique les insuccès des tentatives faites pour isoler ce sel, permet également de prévoir qu'il se comportera le plus souvent comme un mélange de cuivre à l'état naissant et de sulfate cuivrique. C'est en particulier ce qui se produit quand il s'oxyde. J'ai déjà dit qu'une fois sec il est inaltérable dans l'air sec et très lentement altérable à l'air humide. Mais lorsqu'il est imbibé d'éther, au moment où l'éther achève de s'évaporer, il s'oxyde avec une grande rapidité, en se transformant en une matière noire comme de la suie. Ce produit d'oxydation du sulfate Cu^2O, SO^3 n'est pas, comme on pourrait s'y attendre, le sulfate cuivrique basique $(CuO)^2SO^3$. Mis au contact de l'eau, le produit d'oxydation se dédouble immédiatement en donnant une solution de sulfate cuivrique pur et un oxyde noir, qui présente tous les caractères de l'oxyde Cu^4O de Rose (insolubilité dans l'ammoniaque, transformation à l'air humide en Cu^2O, Aq jaune, soluble dans l'ammoniaque).

Le sulfate cuivreux sec, qui ne s'oxyde que très lentement à l'air, s'oxyde beaucoup plus rapidement à chaud. Maintenu à l'étuve à 200° jusqu'à poids constant, il fixe

---

([1]) On peut en déduire également les données suivantes :

$$2Cu + S + 4O = Cu^2SO^4 + 176^{Cal},5.$$
$$Cu^2O + SO^3 \text{solide} = Cu^2SO^4 + 29^{Cal},$$

tandis que

$$CuO + SO^3 \text{solide} = CuSO^4 + 40^{Cal},3.$$

exactement 1[at] d'oxygène et se transforme en une substance brun noir, qui n'est pas non plus un sulfate cuivrique basique, mais le mélange $CuO + CuSO^4$. Il s'est donc encore comporté dans cette circonstance comme un mélange de cuivre et de sulfate cuivrique.

Il existe pourtant quelques réactifs qui peuvent dissoudre le sulfate cuivreux sans le dédoubler. Tels sont l'acide chlorhydrique concentré et l'ammoniaque, qui le dissolvent abondamment, en donnant des solutions cuivreuses et l'acide acétique glacial, qui le dissout en petite quantité, en donnant une liqueur d'une coloration violette intense, qui s'oxyde rapidement à l'air, en devenant bleue, et dépose ensuite des cristaux d'acétate cuivrique acide.

On peut, dans la préparation du sulfate cuivreux que j'ai décrite, remplacer le sulfate de méthyle par le sulfate d'éthyle; on obtient alors de l'oxyde d'éthyle. Mais la fin de la réaction est plus difficile à saisir. J'ai également essayé de l'obtenir, mais sans succès, par double décomposition entre le chlorure cuivreux et le sulfate de méthyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les dérivés magnésiens des bromures de xylyles.* Note de M. **P. Carré**, présentée par M. A. Haller.

Tiffeneau et Delange ([1]) ont montré que la réaction du chlorure de benzyle magnésium sur l'aldéhyde formique ne donne pas l'alcool phényléthylique attendu, et que, par suite d'une transposition moléculaire, elle conduit à l'alcool orthotoluylique. Les recherches suivantes montrent qu'il ne se produit pas de transposition semblable avec les dérivés magnésiens des bromures de xylyles.

L'action du magnésium sur la solution éthérée des bromures de xylyles donne surtout des ditolyléthanes. La proportion de dérivé magnésien formé est beaucoup plus faible que dans le cas du chlorure de benzyle.

Le bromure de métaxylyle, seul, forme une quantité appréciable de dérivé magnésien. La condensation de ce dérivé magnésien avec l'aldéhyde formique fournit un alcool qui est bien l'*alcool métatolyléthylique*

$$C^6H^4(CH^3)_1(CH^2-CH^2OH)_3,$$

car l'oxydation manganique le transforme en acide métaphtalique.

185g de bromure de métaxylyle sont dissous dans 500cm³ d'éther anhydre et addi-

([1]) Tiffeneau et Delange, *Comptes rendus*, t. CXXXVII, 1903, p. 573. J'ai répété les expériences de MM. Tiffeneau et Delange et ai obtenu le résultat indiqué par ces auteurs.

tionnés de magnésium, par petites portions, en ayant soin de bien refroidir quand la réaction est amorcée. Il se dissout environ 15g de magnésium (au lieu de 24g). On ajoute 20g de trioxyméthylène bien sec et l'on chauffe 10 heures à l'ascendant. On traite la solution éthérée par l'eau acidulée glacée, on lave, on sèche et l'on distille. On retrouve 2g à 3g de xylène, ce qui indique qu'une partie du dérivé magnésien n'a pas réagi. On isole la portion 100°-150° sous 10mm et on la rectifie. On obtient ainsi 8g à 10g d'alcool métatolyléthylique. La plus grande partie du bromure de métaxylyle a été transformée en métaditolyléthane.

L'*alcool métatolyléthylique*, récemment obtenu par K. Kling (¹) dans la réduction électrolytique de l'acide métatolylacétique, est un liquide incolore, d'odeur agréable, qui bout à 112°-113° sous 10mm. Mis en suspension dans la lessive de soude diluée, et oxydé par un excès de permanganate de potassium, il fournit de l'acide métaphtalique, lequel a été identifié par ses propriétés physiques et son analyse. Son *éther acétique*

$$C^6H^4(CH^3)_1(CH^2-CH^2O.CO-CH^3)_3$$

est un liquide incolore distillant à 115°-116° sous 18mm.

La condensation du dérivé magnésien du bromure de métaxylyle avec l'aldéhyde acétique et avec l'acétone conduit aux alcools suivants :

L'*alcool métatolylisopropylique* $C^6H^4(CH^3)_1(CH^2-CHOH-CH^3)_3$, liquide incolore, d'odeur agréable, distillant à 119°-120° sous 18mm. Son *éther acétique* $C^6H^4(CH^3)_1[CH^2-CH(OCO.CH^3)-CH^3]_3$ est un liquide incolore qui bout à 116°-117° sous 20mm. L'*éther benzoïque* bout à 188°-190° sous 12mm.

L'*alcool métatolylbutylique tertiaire* $C^6H^4(CH^3)_1[CH^2-COH(CH^3)^2]_3$, liquide incolore, dont l'odeur agréable rappelle l'odeur du terpinéol. Il bout à 107°-108° sous 10mm. Son *éther acétique*

$$C^6H^4(CH^3)_1[CH^2-C(OCO.CH^3)(CH^3)^2]_3$$

est un liquide incolore distillant à 119°-120° sous 16mm.

Les bromures de xylyles ortho et para ne forment que très peu de dérivés magnésiens et fournissent presque uniquement les ditolyléthanes correspondants.

185g de ces bromures ne dissolvent que 13g environ de magnésium. Après condensation avec le trioxyméthylène, on n'obtient qu'une très faible proportion de substances (1 à 2 pour 100), dont le point d'ébullition est

(¹) K. Kling, *Anzeiger Akad. Wiss. Krakau*, 1908, p. 632; *Centr. Bl.*, 2e série, 1908, p. 1863.

inférieur à celui des ditolyléthanes, et dont il m'a été impossible de retirer des alcools purs.

Cependant, il ne semble pas qu'il se soit produit de transposition moléculaire, car l'oxydation manganique des portions 105°-125° sous 10^{mm}, dans lesquelles pourraient se trouver les alcools tolyléthyliques ou leurs produits de transposition, fournit principalement les acides ortho- et paraphtaliques.

La condensation du dérivé magnésien du bromure d'orthoxylyle avec l'acétone a donné l'*alcool orthotolylbutylique tertiaire*

$$C^6H^4(CH^3)_1[CH^2.COH(CH^3)^2]_2,$$

liquide incolore dont l'odeur ressemble à celle de son isomère méta. Il bout à 125°-126° sous 22^{mm}.

L'alcool paratolylbutylique tertiaire n'a pu être obtenu par action de l'acétone sur la solution éthérée du bromure de paraxylyle saturée de magnésium.

Les *ditolyléthanes* $CH^3 - C^6H^4 - CH^2 - CH^2 - C^6H^4 - CH^3$ ont déjà été obtenus : le dérivé *méta*, par Vollrath ([1]), au moyen du chlorure de benzyle et du sodium; les dérivés *ortho*, *méta* et *para*, par C. Moritz et Wolffenstein ([2]), en oxydant les xylènes correspondants par le persulfate de potassium.

Le *dérivé ortho* cristallise dans la ligroïne en grosses tables prismatiques incolores fusibles à 66°,5; il bout à 177°-178° sous 20^{mm}. Le *dérivé méta* est un liquide incolore distillant à 163° sous 10^{mm}. Le *dérivé para* cristallise dans la ligroïne en grosses tables prismatiques incolores fusibles à 82°-83°; il distille à 178° sous 18^{mm}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation des dérivés nitrés et nitrosés aromatiques par le persulfate d'ammoniaque.* Note de MM. **A. Seyewetz** et **L. Poizat**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons montré que l'acide nitrique peut, en oxydant les phénols et les quinones, former de l'acide cyanhydrique avec le carbone de ces composés. Nous avons recherché si, dans la formation de l'acide cyanhydrique par oxydation des composés organiques, l'azote ne peut pas être fourni par le composé organique lui-même (dérivé nitré ou nitrosé), l'oxydant ne fournissant que l'oxygène nécessaire à la décomposition du composé organique.

([1]) Vollrath, *Zeit. f. Chemie*, 1866, p. 489.

([2]) C. Moritz et Wolffenstein, *D. chem. G.*, t. XXXII, 1899, p. 2531.

Nous avons reconnu que le persulfate d'ammoniaque en solution aqueuse neutre, acide ou alcaline, décompose vers 100° un grand nombre de dérivés nitrés et nitrosés avec production d'acide cyanhydrique.

Cette réaction peut être produite par d'autres oxydants que le persulfate d'ammoniaque, mais ceux-ci n'agissent qu'en milieu alcalin et dans ces conditions ils détruisent rapidement l'acide cyanhydrique formé, ce qui empêche l'étude quantitative de la réaction.

L'emploi du persulfate d'ammoniaque nous ayant paru rendre possible l'étude quantitative de la réaction, sans risquer de détruire l'acide cyanhydrique, nous avons examiné spécialement l'action de cet oxydant.

Nous avons constaté que les dérivés nitrés ou nitrosés aromatiques renfermant soit la position para, soit une position ortho libre ou substituée par une oxhydrile phénolique, dégagent des quantités notables d'acide cyanhydrique quand on fait bouillir leurs solutions aqueuses avec du persulfate d'ammoniaque. La réaction paraît plus complète lorsque les positions para ou ortho sont occupées par des oxhydriles phénoliques et lorsqu'il y a plusieurs groupes nitrés dans la molécule.

Ainsi l'ortho et le paranitrophénol ne dégagent qu'une faible partie de leur azote sous forme d'acide cyanhydrique. La majeure partie de l'azote s'élimine à l'état d'acide nitrique dans le cas du dérivé ortho, et sous forme d'un composé jaune insoluble dans l'eau, dont nous poursuivons l'étude, dans le cas du dérivé para. Au contraire, le 2.4-dinitrophénol et surtout l'acide picrique paraissent s'oxyder suivant les équations suivantes :

$$C^6H^3\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown (NO^2)^2\end{matrix} + O^9 = 5CO^2 + HCN + NO^3H + H^2O,$$

2.4-dinitrophénol.

$$C^6H^2\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown (NO^2)^3\end{matrix} + O^9 = 5CO^2 + HCN + 2NO^3H.$$

Acide picrique.

Les dosages d'acide carbonique et d'acide nitrique concordent sensiblement avec ces équations. Par contre, la quantité d'acide cyanhydrique trouvée est inférieure à une molécule, mais on peut facilement expliquer cette différence si l'on remarque, ainsi que nous l'avons constaté par une série d'essais effectués sur du cyanure de potassium titré, que l'acide cyanhydrique est hydrolysé en solution acide et donne naissance à de l'acide formique et à de l'ammoniaque.

On peut expliquer, croyons-nous, la formation d'acide cyanhydrique dans l'action du persulfate d'ammoniaque sur les dérivés nitrés, en admettant que ces composés passent à l'état de dérivés *isonitrés*, subissent ensuite une

migration de l'oxygène de l'azote sur l'atome de carbone voisin en donnant une quinone-oxime à fonction phénol qui serait alors oxydée comme nous l'avons déjà indiqué avec formation d'acide cyanhydrique. Pour l'*acide picrique*, par exemple, ces formations pourraient être représentées par les schémas suivants :

```
       COH               C=O               C=O                  CO                NO3H  CO2  NO3H
NO2C/  \\C.NO2   NO2C/  \C.NO2    NO2C/  \C.NO2   NO3HCO2H/  \CO2HNO3H          CO2   CO2
    ||   |    →      ||   ||    →      ||   ||    →                            →
  HC\  //CH        HC\  /CH          HC\  /COH        CO2H\  /CO2H                CO2   CO2
      C—NO2          C=NOH             C=NOH                 C                     CH≡N
                     ||                                      ||
                     O                                       NOH
```

Ces hypothèses peuvent s'appuyer dans une certaine mesure sur les travaux suivants :

Hantzsch (¹) a montré que les phénols ortho et paranitrés peuvent exister, à l'état de sels alcalins notamment, sous la forme isonitrée ; aussi, on s'explique pourquoi les oxydants alcalins sont ceux qui donnent le plus facilement de l'acide cyanhydrique. Il est vrai cependant que, dans l'action du persulfate d'ammoniaque, on opère en solution faiblement acide, mais nous pensons (en nous basant sur la coloration des solutions) que l'eau seule est capable de réaliser la transformation en dérivé isonitré.

En outre, on constate que les phénols nitrés, qui sont colorés en simple solution aqueuse, se décolorent par addition d'un acide, et la quantité d'acide nécessaire pour produire cette décoloration est d'autant plus grande que le composé renferme un plus grand nombre de groupes NO^2. Ainsi, avec le paranitrophénol, il faut une plus petite quantité d'acide qu'avec le dinitrophénol et une plus petite quantité avec ce dernier qu'avec l'acide picrique. Si l'on suppose que l'action de l'acide transforme le dérivé isonitré en dérivé nitré, on comprendra pourquoi la décomposition de ces trois phénols nitrés est d'autant plus facile qu'il y a plus de groupes NO^2, puisque, dans l'oxydation par le persulfate d'ammoniaque, la solution devient de plus en plus acide à mesure que l'oxydation se poursuit.

En ce qui concerne le passage du dérivé nitré au dérivé isonitrosé, on sait que Graebe (²) et Friedländer (³) ont obtenu : l'un, des nitroso-nitronaphtols en traitant le 1.5 et le 1.8-dinitronaphtalène par l'acide sulfurique fumant ; l'autre, un nitroso-naphtoldisulfonique, en traitant le 1-nitronaphtalène-3.8-disulfonique par la soude.

(¹) *Berichte*, t. XXXII, p. 575.
(²) *Berichte*, t. XXXII, p. 2876.
(³) *Berichte*, t. XXVIII, p. 1535.

Enfin, pour expliquer la formation d'acide cyanhydrique avec les dérivés nitrés ne renfermant pas de fonction phénolique, on peut supposer que, par l'action du persulfate d'ammoniaque, ces composés fixent d'abord un atome d'oxygène en ortho ou en para par rapport au groupe nitré, et l'on se trouve ramené ainsi à un cas déjà examiné.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les acides cétobibasiques.* II. *Éther α-oxalglutarique. Acide α-cétoadipique.* Note de M. **H. Gault**, présentée par M. A. Haller.

Dans deux Notes précédentes ([1]) nous avons montré, M. Blaise et moi, que les éthers oxalsuccinique et dioxalsuccinique se saponifient sous l'influence de l'acide chlorhydrique concentré à température ordinaire en conduisant : le premier, à l'acide α-cétoglutarique; le second, à l'acide oxypyrone-carbonique.

J'ai récemment étendu ces recherches à l'éther α-oxalglutarique, et c'est l'exposé de mes recherches dans cette voie qui forme l'objet de cette Note.

L'éther α-oxalglutarique se forme par condensation *en milieu éthéré* d'une molécule d'éther oxalique et d'une molécule d'éther glutarique sous l'influence de l'éthylate de sodium :

$$\begin{array}{c} COOC^2H^5-CO\boxed{OC^2H^5\ H}CH-(CH^2)^2-COOC^2H^5 \\ \quad\quad\quad\quad | \\ \quad\quad\quad\quad COOC^2H^5 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} COOC^2H^5-CO-CH-(CH^2)^2-COOC^2H^5 \\ | \\ COOC^2H^5 \end{array}$$

Dieckmann ([2]), en condensant l'éther oxalique et l'éther glutarique sous l'influence de l'éthylate de sodium *en solution alcoolique à l'ébullition,* avait obtenu, non pas l'éther α-oxalglutarique, mais bien l'éther cyclo-pentane-dione-dicarbonique :

$$\begin{array}{c} COOC^2H^5 \\ | \\ COOC^2H^5 \end{array} + \begin{array}{l} HCH-COOC^2H^5 \\ \quad\rangle CH^2 \\ HCH-COOC^2H^5 \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} CO-CH-COOC^2H^5 \\ |\quad\quad\rangle CH^2 \\ CO-CH-COOC^2H^5 \end{array}$$

Les premières condensations effectuées en milieu éthéré m'avaient effectivement conduit à un mélange d'éther α-oxalglutarique et d'éther cyclo-

([1]) *Comptes rendus,* 20 juillet 1908 et 18 janvier 1909.

([2]) *Berichte,* t. XXVII, p. 965.

pentanedione-dicarbonique. En modifiant les conditions expérimentales, je suis arrivé à obtenir uniquement l'éther α-oxalglutarique. Le rendement est d'environ 65 pour 100; en tenant compte de l'éther glutarique non entré en réaction et qu'il est facile de récupérer, le rendement s'élève à 80-85 pour 100.

L'éther α-oxalglutarique est un liquide indistillable même dans le vide, sans décomposition. Lorsqu'on tente de le distiller soit à la pression ordinaire, soit sous pression réduite (11^{mm}), il perd immédiatement une molécule d'oxyde de carbone en donnant naissance à l'éther propane-ααγ-tricarbonique (éther carboxylglutarique : p. d'éb. 161°, 11^{mm}; 283°, 770^{mm}) (¹) :

$$COOC^2H^5-\boxed{CO}-\underset{\displaystyle COOC^2H^5}{\underset{|}{CH}}-(CH^2)^2-COOC^2H^5 \rightarrow (COOC^2H^5)^2-CH-CH^2-CH^2-COOC^2H^5$$

Pour obtenir l'éther α-oxalglutarique rigoureusement pur, il suffit de le dissoudre dans le carbonate de potasse, où grâce à son hydrogène acide il est très soluble, et de décomposer le sel formé, après lavages appropriés, par l'acide sulfurique étendu. On l'obtient ainsi sous forme d'un liquide légèrement coloré en jaune, dont les solutions alcooliques sont colorées en rouge cerise intense par le perchlorure de fer; il fournit les dérivés de sa fonction cétone.

Les analyses et le dédoublement en éther carboxylglutarique fixent sa constitution.

L'éther α-oxalglutarique se saponifie très facilement dans les mêmes conditions que les éthers mono- et dioxalsucciniques.

Il suffit de le dissoudre dans l'acide chlorhydrique concentré à température ordinaire et, au bout de quelques jours, de verser la solution chlorhydrique dans l'eau en portant finalement à l'ébullition. L'acide α-cétoadipique se prend en masse par évaporation à sec au bain-marie dans le vide. Rendement : 70-75 pour 100.

$$\underset{OHH}{COOC^2H^5}-CO-\underset{\displaystyle \boxed{CO}OC^2H^5 \atop \boxed{O}HH}{\underset{|}{CH}}-(CH^2)^2-\underset{OHH}{COOC^2H^5} \rightarrow COOH-CO-CH^2-CH^2-CH^2-COOH.$$

L'acide α-cétoadipique, peu soluble dans l'éther, est au contraire très

(¹) Emery, *Ber.*, t. XXIV, p. 282.

soluble dans l'alcool et dans l'eau. Cristallisé dans l'éther ou dans le mélange éther-éther de pétrole, il fond à 124°.

L'acide α-cétoadipique fournit facilement les dérivés de ses fonctions acides et cétone. Il se combine en particulier à l'hydroxylamine prise sous forme de chlorhydrate en donnant une oxime (fusion 150° décomp.) déjà connue (¹) et qui jouit de la propriété de perdre par ébullition de sa solution aqueuse 1^{mol} d'acide carbonique et 1^{mol} d'eau en se transformant en mononitrile glutarique.

La formation de cette oxime et d'autre part le titrage et les analyses de l'acide α-cétoadipique ou de ses dérivées fixent sa constitution.

MINÉRALOGIE. — *Sur la composition de la bauxite.* Note de M. **H. Arsandaux**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans une Note récente, j'ai montré que, dans un grand nombre de bauxites françaises pauvres en silice, les constituants, tous amorphes, comprennent essentiellement de l'alumine hydratée Al^2O^3, H^2O, de l'oxyde de fer voisin de l'état anhydre, de l'oxyde de titane vraisemblablement sous la forme d'acide métatitanique, et enfin que la silice y entrait sans doute en composition dans un silicate alumineux hydraté.

Afin de déterminer la nature de ce silicate, j'ai soumis à l'analyse scindée, dont il a été question dans ma dernière Note, un nombre assez important de bauxites françaises présentant les teneurs les plus variées en silice.

Comme dans le cas des bauxites pauvres en silice, on constate, pour l'ensemble des échantillons examinés, que, la majeure partie de ceux-ci restant inattaquée par l'acide chlorhydrique concentré (²) (1 heure au bain-marie), tout le fer est solubilisé, la liqueur qui le renferme contenant parfois, en outre, des traces d'acide titanique et de silice; cependant, si dans la majorité des cas l'alumine ne se montre attaquée qu'en très faible proportion, dans les autres elle passe en quantité appréciable dans la solution chlorhydrique.

(¹) *Ber.*, t. XXXIII, p. 579.

(²) Cette partie, insoluble dans HCl, se montre totalement attaquable par l'acide sulfurique, et la silice floconneuse individualisée par cette opération est entièrement soluble dans une solution de CO^3Na^2.

Voici les résultats de ces analyses effectuées, en collaboration avec M. Blot, sur des échantillons se montrant tous amorphes :

	Perte au feu vers			A.	B. Inattaqué par H Cl.					C.	D. Attaqué par H Cl.			E.
	250°.	600°.	950°.		H^2O (1).	Al^2O^3.	TiO^2.	SiO^2.	Total.		Fe^2O^2.	Al^2O^3.	H^2O (2).	
1...	0,4	10,8	13,5	86,4	14,7	73,0	2,0	8,2	97,9	13,6	8,4	4,8	0,6	1,01
2...	0,3	11,4	14,1	95,1	14,9	72,0	3,6	9,1	99,6	4,9	3,3	1,1	0,2	1,00
3...	0,6	9,3	10,0	75,9	15,3	72,7	0,8	10,5	99,3	24,1	20,4	3,2	0,5	1,06
4...	0,8	11,2	14,3	89,1	15,1	66,5	2,7	14,8	99,1	10,9	5,5	3,9	1,2	1,03
5...	0,6	10,7	13,2	85,1	15,3	67,2	2,2	15,2	99,9	14,9	12,7	1,6	0,4	1,06
6...	0,7	11,2	13,9	87,1	14,6	61,6	2,5	20,8	99,5	12,7	6,5	4,9	1,3	1,01
7...	0,5	11,6	14,1	90,9	14,5	55,1	2,0	25,5 (3)	97,8	9,1	3,8	3,9	1,2	1,08
8...	0,6	12,2	14,4	96,5	14,7	54,0	3,0	27,4	99,1	3,5	0,3	1,8	1,3	1,07
9...	0,4	12,3	14,3	97,9	14,6	53,6	2,4	28,9	99,5	2,1	0,3	1,0	0,5	1,05
10...	0,2	11,6	13,5	92,2	14,7	51,3	1,6	31,6	99,2	7,8	3,1	2,8	1,3	1,12
11...	0,5	10,0	11,2	72,0	14,2	48,5	1,8	35,1	99,6	28,0	25,9	1,2	1,0	0,99
12...	0,5	8,3	9,6	91,2	10,2	25,7	0,7	29,0 (4)	98,1	8,8	4,6	3,0	0,8	»
13...	6,7	15,6	20,7	65,6	24,2	70,0	2,4	3,5	100,1	34,4	12,2	15,3	5,9	1,87
14...	0,8	8,1	10,4	57,5	14,9	77,0	1,4	4,9	98,2	42,5	26,0	15,6	1,7	1,02
15...	1,6	8,8	11,1	59,6	15,8	71,7	3,9	6,9	98,3	40,4	23,0	13,4	2,8	1,10
16...	0,8	14,9	19,7	80,9	18,4	55,3	2,3	22,9	98,9	19,1	7,8	9,0	3,6	1,61

Les résultats consignés dans les colonnes B sont pour 100 parties de matière inattaquée; tous les autres pour 100 parties de matière brute; ceux de C sont calculés par différence avec 100 des chiffres de A. Les chiffres de la colonne E expriment les rapports moléculaires $H^2O : (Al^2O^3 + TiO^2)$ fournis par les parties inattaquables, défalcation faite, au préalable, du silicate $Si^2O^9Al^2H^4$.

Remarque. — Il n'a pas été tenu compte, dans ces analyses, de quantités toujours fort petites de CaO et MgO, se trouvant souvent dans la partie attaquée et souvent aussi dans celle inattaquée par H Cl.

2, 9, 11, 13, Les Baux (Bouches-du-Rhône); 12, Madriat (Puy-de-Dôme); 3, 5, Suzan (Ariège), coll. du Muséum d'Histoire naturelle; 4, 6, 8, 10, 14, La Caire (Var); 15; La Brasque (Var); 16, Saint-Paul, Saint-Antoine (Ariège), coll. de M. L. Jecker; 1, 7, Gardanne (Bouches-du-Rhône), coll. de M. C. Combes.

---

(1) Par perte au feu.

(2) Moyenne des teneurs calculées : 1° par différence entre les chiffres de C et $Fe^2O^3 + Al^2O^3$ correspondants; 2° par combinaison de la perte au feu vers 950° et de l'inattaqué correspondant.

(3) En outre, 0,7 inattaqué (quartz).

(4) En outre, 32,5 inattaqué (quartz).

Ces résultats montrent que, de même que dans les bauxites pauvres en silice, l'oxyde de fer de nos échantillons est voisin de l'état anhydre (col. D, H^2O, et perte au feu vers 250°); toutefois, ils ne fournissent pas, *a priori*, de renseignements sur la nature des composés accompagnant cet oxyde.

Cependant, les teneurs en eau des parties insolubles étant toujours peu différentes de 15 pour 100 (col. B, H^2O), on peut penser que celles-ci résultent du mélange de composés hydratés dont la teneur individuelle en eau est elle-même voisine de 15 pour 100. Ce cas est réalisé pour le mélange de Al^2O^3, H^2O; TiO^3H^2; $Si^2O^9Al^2H^4$, renfermant respectivement 15; 18,4; 13,9 pour 100, d'eau de combinaison.

L'existence des deux premiers de ces composés est probable ou vraisemblable en raison des conclusions de ma Note précédente; pour l'ensemble des trois il en est de même : 1° à cause de la façon dont se comportent ces bauxites vis-à-vis des acides ([1]); 2° parce que le calcul montre, dans la majorité des cas, que le rapport moléculaire $H^2O : (Al^2O^3 + TiO^2)$ établi pour les insolubles (défalcation faite au préalable de la silice, de l'aluminium et de l'eau calculables en $Si^2O^9Al^2H^4$) est voisin de l'unité (col. E).

Par suite, on voit que dans la série des douze premiers échantillons, ceux-ci se montrant de plus en plus riches en un silicate amorphe présentant la même composition que la *kaolinite* (ou l'*halloysite*), on peut les considérer comme des roches de plus en plus argileuses, le douzième échantillon correspondant même à une argile proprement dite.

La réalité de l'existence du silicate alumineux hydraté étant admise, si l'on envisage les résultats de la colonne E, on voit que les rapports qu'ils expriment sont tous, sauf un, supérieurs à l'unité; cette constatation, jointe au fait qu'une proportion importante des bauxites analysées renferme, en quantité non négligeable, de l'alumine facilement attaquable montre que dans les bauxites *siliceuses*, l'alumine est à un état moyen d'hydratation supérieure à celui du monohydrate ([2]).

Cette dernière considération me porte à admettre que l'hydrate Al^2O^3, H^2O est la forme stable de l'alumine dans les bauxites; des formes

---

([1]) Et en outre, en ce qui concerne l'existence du silicate, parce qu'aucun des échantillons analysés ne cédant de quantité appréciable de silice à une solution bouillante de CO^3Na^2 à 20 pour 100 (durée du contact : 1 heure), cette silice n'y existe vraisemblablement pas à l'état d'hydrate libre.

([2]) Il est à remarquer, à ce sujet, que les analyses 13 et 16, calculées *globalement*, conduisent à une forme d'hydratation très voisine de celle du composé $Al^2O^3, 2H^2O$.

d'hydratation plus élevée de cet oxyde ne semblant guère exister que dans les échantillons siliceux de nos minerais, on peut supposer que ceux-ci constituent des roches argileuses évoluant vers des types de plus en plus pauvres en silice et de plus en plus riches en alumine libre, alumine dont la forme stable, Al^2O^3, H^2O, pourrait, par suite, être envisagée comme le terme ultime de la décomposition des feldspaths.

PHYSIOLOGIE. — *La respiration chez les chanteurs.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai indiqué dans des Notes précédentes (11 novembre 1907, 15 juin 1908) la relation existant, chez un même sujet, entre la taille, le poids, la capacité vitale et le périmètre thoracique mesuré, pendant une expiration profonde, au niveau de la pointe du sternum.

Chez les artistes et chez les orateurs, cette dernière mesure est insuffisante; on trouve, en effet, chez eux, très inégalement développés, les trois types de respiration, thoracique supérieure, thoracique inférieure et diaphragmatique; il faut donc prendre la variation du tour de poitrine au niveau de trois plans horizontaux (*fig.* 1) coupant le creux axillaire, la pointe du sternum et l'extrémité antérieure de la deuxième fausse côte.

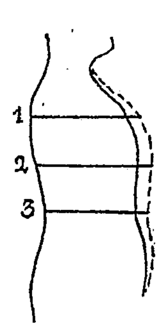


Fig. 1. — Silhouette montrant le niveau des trois mesures, le pointillé indique la position des parois au moment d'une inspiration.

Appareil. — On pourrait, à la rigueur, employer comme thoracimètre un simple mètre à ruban, mais comme souvent la variation du périmètre est peu marquée au moment du passage de l'expiration à l'inspiration, j'ai pris un appareil plus sensible. Il se compose simplement d'une poire en caoutchouc, analogue au pneumographe de Lick, qui communique avec un manomètre métallique extrasensible gradué de 0 à 200^{mm} d'eau (*fig.* 2). Au début, on serre la ceinture, au moment d'une expiration

profonde, de manière à amener l'aiguille du manomètre à un degré toujours le même; au moment d'une inspiration, l'air de la poire est comprimé et l'on note sur les graphiques des figures 3 et suivantes la nouvelle indication de l'aiguille; avec mon appareil, une augmentation de pression de 20^{mm} correspondait à une augmentation de périmètre de 1^{cm}.

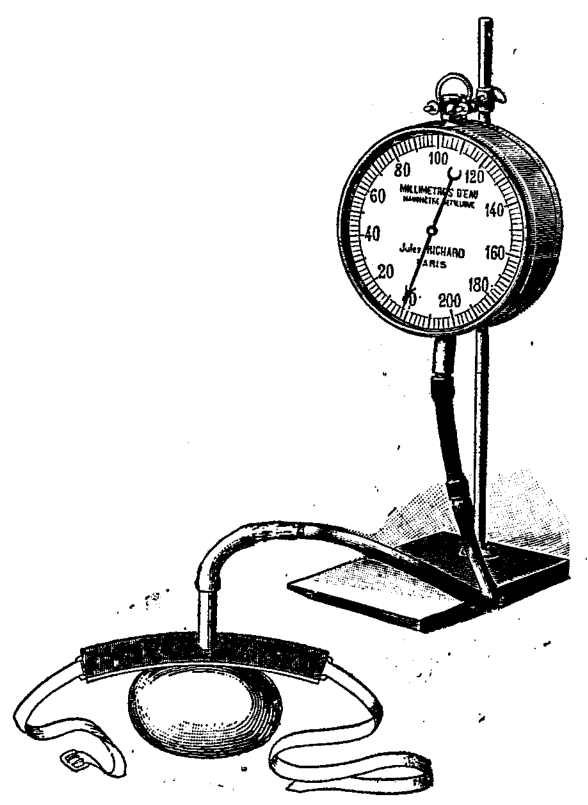


Fig. 2. — Pneumographe et spiromètre.

Résultats. — Comme Marey l'a dit il y a longtemps, il n'y a pas de respiration masculine et de respiration féminine. Il y a des respirations bonnes et des respirations mauvaises, chacune d'elles pouvant être suffisante ou non suivant le volume d'air expiré.

1° *Respiration bonne.* — Pour que l'acte respiratoire soit bien fait, il faut que la cage thoracique se dilate à peu près également suivant toutes ses dimensions; les tracés de la figure 3 pris sur des femmes A et C et sur des hommes B et D montrent bien ce phénomène. Il faut de plus que la respiration soit suffisante, c'est-à-dire que la capacité vitale soit en rapport avec l'âge et la taille du sujet.

2° *Respiration mauvaise.* — La respiration se fait mal lorsqu'un des périmètres, inférieur (1) ou supérieur (3), augmente beaucoup plus que les autres. Deux cas peuvent se présenter :

Premier cas. *Augmentation exagérée du périmètre inférieur* (*fig.* 4). — Ces tracés se rencontrent généralement chez les hommes et chez les femmes à vie sédentaire; les muscles de la paroi abdominale n'ont plus la tonicité suffisante; le diaphragme, en se contractant, refoule la masse intestinale; suivant l'expression vulgaire, ces sujets respirent du ventre.

Deuxième cas. *Augmentation exagérée du périmètre thoracique supérieur* (*fig.* 5). — Ces tracés se trouvent surtout chez certains sujets qui font beaucoup de sport et chez les femmes qui portent un corset même non serré; il suffit en effet du moindre obstacle pour changer le type de respiration; la figure 6 montre le tracé A chez une femme portant un corset *non serré* et le tracé B chez le *même sujet,* le corset étant enlevé. Les muscles de la paroi abdominale n'ont plus aucun travail à effectuer puisqu'ils sont remplacés par le corset, et ils se laissent refouler trop facilement par le diaphragme, lorsque l'obstacle a disparu.

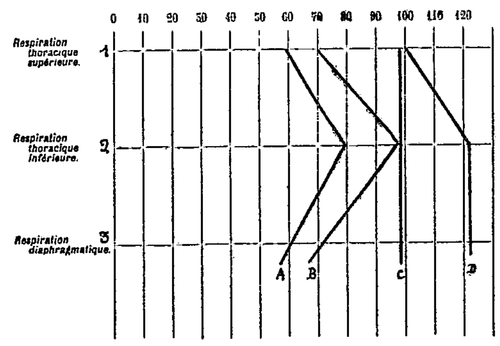


Fig. 3. — Différents types de bonne respiration.

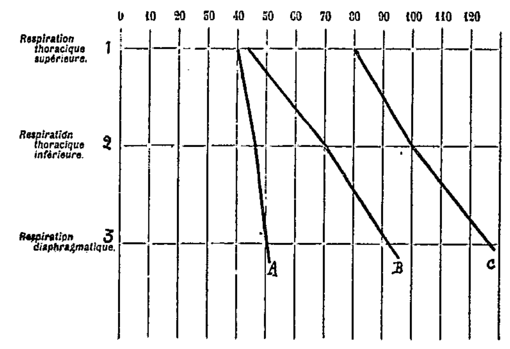


Fig. 4. — Mauvaise respiration avec relâchement des muscles de la paroi abdominale.

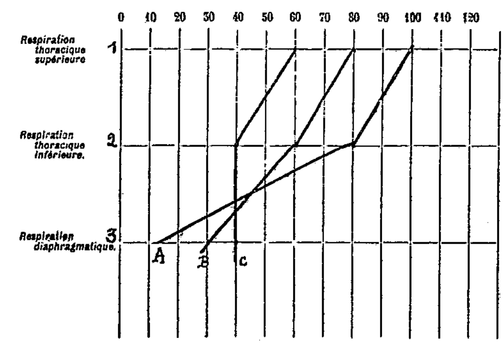


Fig. 5. — Mauvaise respiration avec corset.

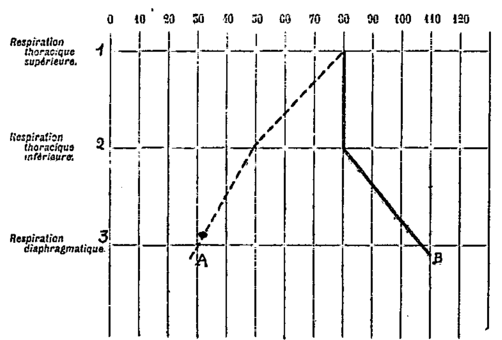


Fig. 6. — Mauvaise respiration avec (A) et sans corset (B).

Conclusions. — 1° Pour qu'une respiration soit bonne, il faut que la cage thoracique se dilate suivant toutes ses dimensions;

2° Pour qu'elle soit suffisante, il faut qu'elle se dilate assez de manière à obtenir une capacité vitale en rapport avec l'âge, la taille et le poids du sujet;

3° Chaque élève de chant ou de diction devrait avoir une fiche respiratoire donnant non seulement sa taille, son poids, son périmètre thoracique et sa capacité vitale, mais encore la courbe représentant son genre de respiration;

4° Il est inutile d'apprendre à chanter ou à parler si l'on ne sait pas respirer, et la plupart des voix se perdent non pas tant par une mauvaise méthode que par une mauvaise respiration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la réaction du milieu sur l'activité des maltases du maïs.* Note de M. **R. Huerre**, présentée par M. L. Maquenne.

L'étude de toutes les diastases a mis en lumière l'influence considérable qu'exerce la réaction du milieu sur leur activité. En ce qui concerne particulièrement la maltase on admet qu'elle agit très bien en milieu faiblement acide, mais que son action est paralysée par une dose d'acide organique correspondant à 2 millièmes d'acide sulfurique (1).

Laborde a établi que les maltases de l'*Aspergillus niger* et du *Penicillium glaucum* sont activées par une légère addition d'acides acétique, tartrique ou succinique (2). Il n'en est pas de même avec toutes les maltases de maïs examinées par nous: l'activation artificielle des extraits (qui tous sont franchement alcalins à l'hélianthine) varie considérablement dans son intensité et même dans son sens avec les espèces étudiées; elle reste sans rapport avec le caractère de maltase haute ou basse qu'ils renferment.

Rappelons d'ailleurs, ainsi que nous l'avons établi antérieurement (3), que les changements de réaction du milieu n'ont pas d'effet sur l'optimum d'activité des maltases, non plus que sur les limites des températures entre lesquelles fonctionnent ces enzymes.

I. Un premier groupe comprend des maltases ayant leur maximum d'activité en milieu très légèrement alcalin à l'hélianthine : ce sont les maltases des maïs *Jaune des Landes*, *King Philipp* et *Auxonne*.

---

(1) Effront, *Les enzymes*, p. 255.

(2) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1897, p. 33.

(3) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 505.

Ces maltases se comportent donc comme l'amylase du malt [1], mais elles hydrolysent encore le maltose quand la réaction est nettement acide, alors que cette circonstance est essentiellement défavorable à la saccharification diastasique de l'amidon, et ne cessent d'agir qu'en présence d'une dose d'acide sulfurique libre atteignant 0,19 pour 1000 dans le cas de l'Auxonne et 0,29 pour 1000 dans le cas du Jaune des Landes.

Les chiffres de tous les Tableaux suivants indiquent la quantité de maltose hydrolysée pour 100 à même température et dans des temps égaux pour chaque espèce.

		Jaune des Landes.	King Philipp.	Auxonne.
Alcalinité naturelle à l'hélianthine de 10^cm3 d'extrait en gouttes d'acide sulfurique décinormal		8	12	8
Acide sulfurique décinormal ajouté en gouttes de 0g,05.	0...	21	17	10
	2...	27	»	33
	4...	42	26	41
	6...	68	»	46
	8...	38	37	43
	10...	»	40	»
	12...	»	32	15
	14...	30	28	»
	16...	»	22	0
	20...	0	»	»
Dose d'acide la plus favorable		6	10	6

Dans les trois cas, le maximum s'observe quand l'alcalinité du milieu correspond à deux gouttes d'acide sulfurique décinormal pour 10^cm3.

II. Avec la maltase du maïs *Blanc hâtif des Landes*, il y a atténuation dès qu'on diminue l'alcalinité naturelle de l'extrait.

Alcalinité naturelle en acide sulfurique décinormal		8	8
Acide sulfurique décinormal ajouté en gouttes.	0...	95	100
	2...	»	90
	4...	85	»
	6...	69	48
	8...	49	»
	10...	»	32
	12...	25	»

L'activité disparaît complètement quand la dose d'acide libre atteint 0,29 pour 1000.

En présence de ces faits, il devenait nécessaire d'étudier l'influence d'un accroissement d'alcalinité; nous avons obtenu un résultat négatif avec le phosphate disodique,

[1] MAQUENNE et ROUX, *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 124.

mais positif avec la potasse :

Potasse décinormale ajoutée en gouttes de $0^{g},05$.	0...	75	77
	1...	90	83
	2...	77	»
	3...	»	86
	5...	»	75

L'activité augmente par addition de une à trois gouttes de potasse; elle diminue ensuite, mais ne disparaît que lorsque le milieu renferme $0^{g},29$ de KOH par litre.

III. Les maltases dont nous venons de parler présentent toutes leur optimum en milieu alcalin; celles du *Cuzco* rouge ou blanc, au contraire, fonctionnent de préférence en milieu neutre ou très légèrement acide, de sorte qu'à l'état naturel elles sont relativement loin de leur maximum d'activité.

		Cuzco blanc.	Cuzco rouge.
Alcalinité naturelle à l'hélianthine de 10^{cm^3}		9	9
Acide sulfurique décinormal ajouté en gouttes de $0^{g},05$.	0...	18	21
	2...	22	»
	4...	37	»
	6...	40	42
	8...	49	47
	9...	58	55
	12...	58	55
	16...	53	48
Dose d'acide la plus favorable		9-12	9-12

Ces deux résultats offrent, comme on le voit, une remarquable concordance. Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, un excès d'alcalinité détruit rapidement ces maltases; quatre gouttes de potasse décinormale suffisent à empêcher complètement l'hydrolyse du maltose.

Pour ce qui est des aminoacides, glycocolle, leucine ou asparagine, nous avons reconnu que leur influence est également considérable, mais elle est aussi très variable avec les espèces et nous en exposerons seulement l'étude dans un Mémoire plus détaillé.

En résumé : 1° les variations apportées artificiellement à la réaction du milieu modifient considérablement l'activité des maltases du maïs; 2° certaines espèces fournissent des enzymes dont le maximum d'activité s'exerce en milieu franchement alcalin et d'autres en milieu neutre ou très légèrement acide.

Ces différences profondes viennent confirmer d'une manière indiscutable notre hypothèse antérieure de la pluralité des maltases.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de l'âge sur la quantité et la répartition chimique du phosphore contenu dans les nerfs.* Note de MM. **Ch. Dhéré** et **H. Maurice**, présentée par M. Dastre.

Il n'a pas encore été publié de données concernant l'influence que l'âge peut exercer, chez des sujets normaux, sur la composition chimique des nerfs ; nous pensons donc qu'il y a quelque intérêt à communiquer les résultats, significatifs à ce point de vue, que nous avons obtenus, chez le chien, en déterminant dans les nerfs, d'une part, le phosphore total et, d'autre part, le phosphore lipoïde, le phosphore nucléique et le phosphore inorganique.

Nos analyses ont porté sur le mélange des nerfs périphériques (branches des plexus brachial, sciatique et lombaire, ainsi que de la queue de cheval) de 19 chiens dont les âges étaient compris entre 4 semaines et 8 ans.

Les nerfs, soigneusement débarrassés des tissus conjonctifs et adipeux étrangers, étaient pesés d'abord à l'état frais et, de nouveau, après dessiccation à 105°, ce qui permettait de connaître les variations du coefficient d'hydratation. Le *phosphore total* était dosé ([1]), pour chaque sujet, dans un échantillon du mélange des nerfs, rendu homogène par un broyage intime. Les autres déterminations ne pouvant, à cause des faibles quantités de substance disponibles, être faites séparément pour chaque individu, nous avons groupé les nerfs de nos sujets comme il sera indiqué plus loin. En dosant le phosphore, d'une part, dans l'extrait alcoolo-éthéré et, d'autre part, dans la fraction insoluble du résidu de l'épuisement par l'alcool et l'éther soumis à la digestion pepsique, nous obtenions respectivement le *phosphore lipoïde* et le *phosphore nucléique*. Le *phosphore inorganique* a été évalué par différence.

Le Tableau suivant renferme, dans une forme condensée, les principaux résultats de nos analyses :

Composition des groupes.	Dans 100 parties de substance sèche. P total.	P lipoïde.	P nucléique.	P inorganique.	Lipoïdes et graisses.	Coefficient d'hydratation.
I. 9 sujets de 4 semaines à 4 mois...........	0,990	0,430	0,072	0,488	43,48	3,37
II. 6 sujets de 6 à 13 mois.	0,717	0,335	0,061	0,321	57,93	2,28
III. 4 sujets de 2 à 8 ans..	0,605	0,285	0,056	0,264	59,61	1,95

([1]) Le phosphore a été dosé, dans tous les cas, en utilisant la technique que nous avons décrite dans notre Note *Sur le dosage du phosphore en Physiologie* (*C. R. de la Société de Biologie*, t. LXIV, 1908, p. 635).

On voit que :

1° *La teneur en* PHOSPHORE TOTAL *des nerfs à l'état sec diminue en même temps que l'âge augmente.* La différence apparaît nettement à l'inspection des moyennes; mais elle s'accuse d'une façon encore bien plus frappante en consultant les chiffres individuels que nous n'avons malheureusement pas la place de consigner ici. Nous nous bornerons à mentionner que les teneurs extrêmes que nous avons constatées sont celles du sujet le plus jeune et du sujet le plus âgé de notre série (1,24 chez un chien de 4 semaines et 0,42 chez un chien de 8 ans) et que les autres teneurs varient à peu près régulièrement avec l'âge des sujets dans le sens qui vient d'être indiqué.

2° De même que la teneur en phosphore total, *les teneurs en* PHOSPHORE LIPOÏDE (P des phosphatides), EN PHOSPHORE NUCLÉIQUE *et en* PHOSPHORE INORGANIQUE *s'abaissent de plus en plus à mesure que l'on considère des sujets plus âgés; mais la diminution porte d'une façon proportionnellement inégale sur chacune des catégories de phosphore que nous avons distinguées,* de telle sorte que la répartition du phosphore se modifie profondément avec l'âge, comme le montre le Tableau suivant (¹) :

	Pour 100 parties de phosphore total.		
Groupes.	P lipoïde.	P nucléique.	P inorganique.
I.....	43,43	7,27	49,30
II....	46,72 (+7,6 pour 100)	8,51 (+17,0 pour 100)	44,77 (— 9,2 pour 100)
III...	47,11 (+8,5 pour 100)	9,26 (+27,4 pour 100)	43,63 (—11,5 pour 100)

Tandis que *la fraction inorganique diminue, la fraction lipoïde augmente un peu et la fraction nucléique augmente beaucoup.* De même que pour le phosphore total, l'écart est bien plus accentué entre les groupes I et II qu'entre les groupes II et III.

Enfin nous ferons remarquer que les valeurs que nous donnons de la proportion de graisses et lipoïdes contenus dans les nerfs secs et de la proportion d'eau contenue dans les nerfs frais montrent que ces proportions diminuent avec l'augmentation d'âge.

(¹) Les pourcentages indiqués entre parenthèses sont rapportés à la valeur pour le premier groupe, supposée égale à 100.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Filtre métallique à interstices réguliers et variables, réductibles aux dimensions ultramicroscopiques.* Note de M. **Émile Gobbi**, présentée par M. Dastre.

Dans tous les appareils filtrants, dont le type est la bougie Chamberland, on admet que les fines particules en suspension dans les liquides sont retenues surtout par le jeu des phénomènes d'adhésion moléculaire exercés par la paroi filtrante, plutôt que par l'étroitesse des canaux qui la constituent, le diamètre de ceux-ci dépassant de beaucoup la grosseur des particules ou des microbes arrêtés.

C'est particulièrement la longueur très grande et l'irrégularité considérable de ces canaux, qui permet aux forces capillaires de jouer le rôle essentiel dans ces filtres en porcelaine et en terre d'infusoires.

Il en résulte deux inconvénients :

1° Au bout d'un certain temps (3 à 4 heures pour certains filtres) ces bougies laissent passer les microbes, soit que ceux-ci, ainsi que le pensait Duclaux, en se multipliant à l'intérieur des canaux du filtre, finissent par le traverser, soit qu'ils parviennent, grâce aux vifs mouvements dont ils sont animés, à franchir la barrière de l'attraction capillaire.

2° Ces mêmes bougies, dont le pouvoir d'arrêt, à l'égard des microbes, est d'une durée plus ou moins courte, opposent, au contraire, avec leurs longs et sinueux canaux, un obstacle très grand, qui grandit même au lieu de diminuer pendant la filtration, au passage des liquides visqueux.

Dans le filtre métallique que j'ai étudié, le rôle principal appartient à l'étroitesse des canaux; j'ai cherché à arrêter les microbes par l'extrême petitesse des interstices, d'une manière définitive et non temporaire, comme fait l'attraction capillaire; et, d'autre part, j'ai cherché à réduire la valeur de cette force d'adhésion moléculaire, en diminuant la longueur des interstices filtrants et en les régularisant, de manière à faciliter le passage intégral des toxines, des diastases et des liquides visqueux en général.

Je suis arrivé ainsi à avoir des filtres qui arrêtent pendant des heures, même pendant plus d'un jour, les grains colloïdaux des substances colorantes, et qui restent stériles beaucoup plus longtemps que tous les autres filtres; on pourrait dire indéfiniment stériles.

Description du filtre. — Le filtre est constitué par un ruban de nickel de $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur et $\frac{15}{10}$ de millimètre de largeur (*longueur*

de la voie filtrante). Ce ruban, d'une longueur de quelques centaines de mètres, est enroulé sur le plat large, en forme hélicoïde, et les spires sont serrées les unes contre les autres au moyen d'une vis de manière à former un cylindre.

Ce cylindre pourrait être rendu étanche par la pression de la vis, si l'on n'avait pas ménagé sur l'une des faces du ruban une série de petites côtelures transversales très rapprochées. On peut obtenir ainsi des interstices très réguliers et de la dimension la plus appropriée à l'application industrielle ou scientifique qu'on se propose.

Par exemple on peut réduire les saillies et par conséquent l'interstice à des dimensions inférieures aux plus petits microbes connus; réduire également la largeur du ruban pour diminuer le frottement du liquide.

Résumé des expériences. — I. Le filtre stérilisé à 110°, pendant 30 minutes, est branché sur une canalisation d'eau de Seine de 30^{m} de pression. On prélève successivement des échantillons d'eau filtrée, d'environ 10^{cm^3} chacun, le premier aussitôt que l'eau commence à filtrer, le deuxième 24 heures après, le troisième 48 heures après, le quatrième 6 jours après le début des essais. Ces échantillons sont ajoutés à des quantités triples de bouillon et mis au fur et à mesure à l'étuve, à la température de 37°. Aucun de ces mélanges n'a donné lieu à des cultures microbiennes pendant le séjour à l'étuve qui a été de 3 jours, ni, ensuite, pendant l'exposition à la température du laboratoire.

II. Des solutions, en eau distillée, à 1 pour 4000, de différentes couleurs, sont mises à filtrer successivement sur un même filtre. La différence de niveau entre le réservoir contenant le liquide à filtrer et le filtre est de 7^{m}. Après chaque essai, le filtre est lavé à fond.

Le rouge neutre et le rouge de Magdala ([1]) sont entièrement arrêtés, et même le lendemain le liquide qui s'écoule du filtre est incolore.

Le violet de méthyle au contraire n'est arrêté que pendant quelques minutes, et ensuite commence à passer. Cependant l'eau qui sort n'atteint jamais, même après plusieurs jours, l'intensité de la solution qui filtre.

En ajoutant du chlorure de sodium à 2 pour 100 à la solution, on constate que l'eau passe incolore pendant 2 ou 3 heures, par l'addition de sel, la substance colorante devient moins soluble; les grains grossissent et sont de la sorte arrêtés.

Ainsi nous nous trouvons amenés, par la très grande petitesse des interstices de ce filtre, qui d'ailleurs peuvent être fabriqués encore plus petits, à

([1]) Le rouge de Magdala, en solution aqueuse, se compose de deux parties, l'une soluble véritablement, l'autre colloïdale. Ces parties peuvent être séparées par la dialyse. La partie dialysée est fluorescente; la portion colloïdale est formée de granules à charge positive et son évaporation donne un dépôt rouge amorphe.

barrer le passage, non plus aux microbes, comme le font les filtres ordinaires, mais aux grains des colloïdes, bien plus petits que les premiers.

Dans une étude méthodique que je me propose de faire avec ce filtre, je déterminerai le temps d'arrêt des différents colloïdes d'après la grosseur ultramicroscopique et le signe électrique des grains.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la partie centrale des Hautes Plaines constantinoises (Algérie)*. Note de MM. **A. Joly** et **L. Joleaud**, présentée par M. H. Douvillé.

Entre les méridiens de Sétif et d'Aïn Beïda, les Hautes Plaines constantinoises sont parsemées d'accidents montagneux constitués par des calcaires récifaux éocrétacés. La plupart se présentent en rochers isolés, quelques-uns en chaînons discontinus.

Les rochers isolés dessinent des demi-dômes elliptiques à moitié nord effondrée. Le chaînon des Ouled Abd Ennour paraît formé principalement par des cuvettes en relief découpées par des séries de cassures périphériques : Guérioun, Nif Enneceur, Belrerour, Tafrent; à l'Est, le pli-faille Haïreuch-Fortass est déversé au Sud-Est, vers la Chebka des Sellaoua. Au Sud, la zone des Gueraa (Guelif, Djendeli) correspond à une aire anticlinale qui finit au Nord-Est, dans le dôme (1) du Sidi Reris.

Les montagnes calcaires des Hautes Plaines affectent parfois la structure tabulaire; leurs strates conservent presque toujours une grande rigidité. Le Crétacé reparaît dans les dépressions (Aïn Melila, Navarin, Galbois).

Primitivement, tous ces reliefs faisaient partie d'un plateau tabulaire ondulé, comparable à ceux de l'Algérie occidentale. Ce plateau a été découpé par de nombreux effondrements limités par des cassures et des flexures. Les anticlinaux qui sillonnent la région présentent de multiples décrochements, soit au Nord, soit au Sud. Ils raccordent les plis sahariens aux reliefs méridionaux de l'Atlas tellien : la chaîne du Touggour se continue par l'aire anticlinale des Gueraa; le Talkhemt par le Guedmane et la voûte effondrée entre le Nif Enneceur et le Guerioun, enfin par l'Oum Settas; l'axe effondré entre le Tafrent et le Belrerour se prolonge entre le Grouz-Zouaoui et le Felten-Karkara. Des décollements se sont produits qui ont eu pour effet de

(1) Blayac, *Bulletin de la Société géologique de France*, 3e série, t. XXV, 1893, p. 664.

pousser le Trias au-dessus des calcaires récifaux (Tafrent). L'ensemble Trias-Néocrétacé-Tertiaire présente le même régime de plis imbriqués que dans les régions de Constantine et de Guelma ([1]).

La partie centrale des Hautes Plaines constantinoises a donc appartenu à un plateau crétacé à structure tabulaire dans son ensemble et traversé par des plis sahariens atténués. Ce plateau a été morcelé par des effondrements dans lesquels se sont épanchées de petites nappes triasiques, et développés dans les sédiments plastiques néocrétacés-tertiaires des plis couchés et imbriqués.

PALÉONTOLOGIE. — *Du caractère périodique de la mutabilité chez les Cérithes mésonummulitiques du bassin de Paris.* Note de M. **Jean Boussac**, présentée par M. H. Douvillé.

L'étude des Cérithes mésonummulitiques du bassin de Paris nous révèle un certain nombre de faits d'évolution tout à fait conformes aux théories de de Vries sur les mutations, tels que l'apparition brusque et l'épanouissement soudain des formes nouvelles, la constance de ces dernières, la persistance de la forme souche à côté d'elles, etc. Un des plus intéressants de ces phénomènes est celui de la *périodicité des mutations*.

1° *Périodicité des mutations dans chaque rameau phylétique.* — De Vries est arrivé à la conclusion que la mutabilité est un phénomène périodique, « produisant de temps à autre de nouvelles qualités, mais laissant à d'autres époques les plantes complètement stables durant de longues séries de générations ». L'étude des Cérithes montre des phénomènes identiques dans un domaine tout autre que celui étudié par de Vries, et tend à faire attribuer un caractère très général à sa loi.

Voici quelques exemples choisis parmi les plus typiques :

Cerithium lapidum Lk. se montre, avec le début de l'Auversien, en état de mutation, et engendre *C. perditum* Desh., mais il est stable avant (Lutétien) et après (Auversien et Bartonien), et sa mutation est stable jusque dans le Bartonien. Le rameau de *C. echinoides* Lk. est des plus intéressants : stabilité pendant le Lutétien; mutabilité à la limite du Lutétien et de l'Auversien, et naissance de *C. pleurotomoides;* stabilité pendant l'Auversien; période de mutation au début du Bartonien et apparition de *C.* nov. sp.; stabilité pendant le Bartonien; nouvelle période de mutation à la base du Ludien et naissance de *C. rusticum;* stabilité de cette espèce dans

([1]) Haug, *Bulletin de la Société géologique de France,* 4e série, t. VI, 1906, p. 355.

le Ludien; nouvelle période de mutabilité à la base du Lattorfien et naissance de *C. concavum,* etc. Je pourrais citer à l'appui de cette loi autant d'exemples que j'ai constaté de faits d'évolution.

Il convient de réduire la mobilité de l'espèce à des périodes définies et probablement très courtes, et ces périodes semblent toujours coïncider avec la limite de deux étages.

2° *Transmission du pouvoir évolutif de l'espèce initiale aux espèces dérivées.* — Il ne semble pas qu'une même espèce élémentaire soit capable d'entrer un grand nombre de fois en période de mutation; le pouvoir évolutif de chacune d'elles s'épuise rapidement avec le temps. Je ne connais aucune espèce élémentaire qui ait subi plus de deux périodes de mutation, et encore le chiffre deux est-il exceptionnel et ne se rencontre que chez *C. pleurotomoides.* Quand un rameau phylétique persiste pendant longtemps et embrasse de nombreuses formes successives, on constate que ce n'est pas l'espèce initiale qui donne elle-même naissance à toutes les autres, bien qu'elle puisse persister à côté d'elles; elle n'entre, généralement, en mutation qu'une fois, puis continue à vivre pendant plus ou moins de temps et ne donne plus de nouvelles formes. Mais sa mutabilité s'est transmise aux espèces dérivées, qui, ayant donné à leur tour des espèces nouvelles et douées de mutabilité, meurent après une période stérile plus ou moins longue, et ainsi de suite.

Ainsi *C. lapidum*, après avoir donné *C. perditum* au début de l'Auversien, meurt à la fin du Bartonien sans avoir donné naissance à aucune autre forme. *C. echinoides* meurt aussi à la fin du Bartonien, après avoir donné *C. pleurotomoides* au début de l'Auversien ; celui-ci hérite à un haut degré de la mutabilité de son parent, et donne *C.* nov. sp. dans le Bartonien et *C. rusticum* dans le Ludien ; celui-ci à son tour entre en mutation et donne *C. concavum* dans le Lattorfien. Je dois me borner à ces deux exemples typiques.

Le pouvoir évolutif, dans chaque rameau, n'est pas localisé dans une espèce élémentaire déterminée, mais au contraire dans chaque espèce élémentaire il s'épuise assez rapidement, et il ne persiste dans le rameau qu'en se transmettant de mutation en mutation.

3° *Processus de l'évolution de l'ensemble de la faune de Cérithes.* — On pourrait supposer que les transformations d'une faune évoluant sur place se fissent graduellement et sans discontinuité, les formes nouvelles apparaissant peu à peu, isolément, chacune à son heure. Il n'en est pas ainsi. Il y a pour la faune, comme pour chacun des rameaux, des *périodes de mutation,*

relativement courtes, séparées par des intervalles de stabilité et de stérilité relativement longs.

Aucun fait d'évolution dans l'épaisseur du Lutétien ; par contre, à la limite du Lutétien et de l'Auversien, période intense d'évolution, et un grand nombre de mutations nouvelles apparaissent à la base de l'Auversien. Aucun fait d'évolution dans toute l'épaisseur de l'Auversien jusqu'à la zone de Mortefontaine incluse; puis nouvelle période d'instabilité, et apparition d'un grand nombre de formes nouvelles dans la zone de Montagny, qui représente la base du Bartonien. Une nouvelle période de mutations s'observe ensuite avec le début du Ludien, etc.

Ainsi donc, les deux faits les plus remarquables sont : 1° *tous les rameaux phylétiques de Cérithes varient en même temps,* quand ils varient ; *leurs périodes de mutations sont toutes synchroniques,* et les intervalles de stabilité coïncident entre eux.

2° Les *périodes de mutations de la faune* de Cérithes coïncident avec les changements de faunes généraux de la région, et c'est précisément là qu'on a mis les limites des étages. Il semble donc que ce soit à des causes extérieures très générales qu'on doive le *déclanchement,* si l'on peut dire, de la mutabilité, et l'apparition des caractères nouveaux jusque-là conservés à l'état latent dans les espèces. En tout cas, on ne doit pas chercher les causes de la variation dans des phénomènes particuliers au bassin de Paris.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la valeur et la variabilité des moyennes barométriques.* Note de M. **Alfred Angot.**

Au cours d'une étude d'ensemble sur la distribution de la pression en France et dans les contrées limitrophes pendant les cinquante années 1851-1900, et qui sera publiée prochainement, j'ai obtenu quelques résultats généraux qu'il peut être intéressant de signaler.

On emploie couramment le nom de *normales* pour désigner les moyennes arithmétiques des valeurs, soit mensuelles, soit annuelles, de la pression obtenues au moyen d'un grand nombre d'années d'observations. Mais ces normales n'ont de signification réelle que si les écarts qui se présentent d'une année à l'autre peuvent être assimilés à ceux qui seraient produits par des causes fortuites.

La théorie des erreurs fortuites indique que, sur 1000 observations, 736 doivent présenter un écart égal ou supérieur à la moitié de l'erreur probable e, et respectivement 500, 177, 43 et 7 des écarts égaux ou supérieurs à e, $2e$, $3e$ et $4e$. L'ensemble des observations que j'ai discutées conduit

aux valeurs 744, 515, 185, 38 et 2. La concordance est tout à fait satisfaisante; les grands écarts sont même notablement moins nombreux que ne l'indique la théorie. De plus, les écarts positifs et négatifs sont à peu près en même nombre et les valeurs extrêmes des écarts des deux signes sont sensiblement égaux. L'emploi des normales est donc légitime pour la pression, au moins dans la région considérée.

L'erreur probable, pour chaque mois et pour l'année moyenne, croît régulièrement du Sud au Nord. Ainsi l'erreur probable de la moyenne des cinquante années est de $\pm 0^{mm},07$ à Perpignan et de $\pm 0^{mm},10$ à Greenwich. Pour le mois de janvier, ces erreurs probables s'élèvent respectivement à $\pm 0^{mm},39$ et $\pm 0^{mm},52$. On voit ainsi que, même après cinquante années, la valeur normale de la pression pour une localité déterminée n'est pas connue au $\frac{1}{10}$ de millimètre pour la moyenne annuelle, et que même le chiffre du millimètre entier est incertain pour les mois d'hiver.

La distribution relative de la pression est connue plus exactement que celle des valeurs absolues. Ainsi, l'erreur probable de la différence Paris-Greenwich, déduite de 50 années d'observations, n'est que de $\pm 0^{mm},04$ pour l'année moyenne et de $\pm 0^{mm},14$ pour janvier. Lorsque les observations porteront sur une période beaucoup plus longue que celle dont on dispose actuellement, les valeurs absolues changeront donc peut-être, mais la forme générale des isobares restera sensiblement la même.

La discussion a conduit à un autre résultat intéressant relatif à la variabilité de la pression.

Si, pour une série de moyennes soit mensuelles, soit annuelles, on calcule la variabilité moyenne v en prenant, abstraction faite des signes, la moyenne des différences entre chaque nombre et le suivant, la théorie indique que le rapport de cette variabilité moyenne à l'écart moyen m doit être constant, si les différences d'un nombre au suivant sont absolument indépendantes les unes des autres. La valeur limite du rapport $\frac{v}{m}$ est $\sqrt{2} = 1,41$. Si, au contraire, les différences successives sont liées les unes aux autres, ce qui a lieu dans le cas d'un phénomène périodique, le rapport $\frac{v}{m}$ est beaucoup plus petit.

Pour le nombre relatif des taches solaires pendant la période 1851-1900, on trouve, par exemple, pour $\frac{v}{m}$ la valeur 0,62, plus petite que la moitié de la valeur limite théorique. Au contraire, les observations de pression donnent pour ce rapport les valeurs suivantes :

Greenwich	1,43
Paris	1,38
Nantes	1,42
Genève	1,47
Perpignan	1,47

De ces valeurs on doit conclure qu'il est, *a priori*, tout à fait illusoire de chercher, daus les variations de pression qui se présentent d'une année à l'autre, une apparence quelconque de périodicité, ou tout au moins de périodes dont la durée serait comprise entre deux ou trois années et une quarantaine d'années au moins. Si des périodes de ce genre existent, l'amplitude des variations qui leur correspondent est négligeable devant les variations accidentelles et ne peut être mise en évidence par les observations.

SISMOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre du 23 avril 1909.* Note de M. **Alfred Angot.**

Le tremblement de terre qui s'est produit le 23 avril en Portugal a été enregistré au parc Saint-Maur sur le sismographe photographique Milne, le seul qui soit encore régulièrement en service.

Pour la composante NS amortie (mouvements du sol dans la direction EW), le tracé montre les premières traces d'agitation à $17^h 45^m,5$ (temps moyen civil de Greenwich); les oscillations, assez rapides, augmentent un peu d'amplitude jusqu'à $17^h 46^m,5$, puis redeviennent faibles jusqu'à $17^h 47^m,6$, début des grandes oscillations. Celles-ci présentent un premier maximum vers $17^h 48^m,9$ et un second, le principal, de $17^h 50^m,6$ à $17^h 51^m,6$; l'amplitude totale, sur le tracé, a atteint alors $3^{mm},8$. Les oscillations redeviennent faibles à partir de $17^h 55^m$, mais on en relève encore des traces jusque vers $18^h 23^m$.

Sur la composante EW, non amortie, les premières traces d'agitation commencent à $17^h 45^m,8$, la deuxième phase à $17^h 46^m,8$ et les grandes oscillations à $17^h 47^m,7$. Mais on n'observe, pour les grandes oscillations, qu'un seul maximum bien net, presque au début, vers $17^h 48^m$; les époques de maximum ne coïncident donc pas pour les deux composantes.

A Grenoble, M. Kilian signale, à $18^h 0^m 3^s$ [temps moyen de Paris (?)], une secousse, de direction NW-SE, qui paraît correspondre au maximum principal des oscillations de la composante NS à Saint-Maur.

De Perpignan, M. Mengel, directeur de l'Observatoire, annonce enfin qu'il a observé, le 23 avril, deux secousses, dont la principale avait une direction NS et l'autre une direction N$\frac{1}{4}$NW.

Une agitation sismique, à peine appréciable, se remarque en outre, sur les diagrammes de Saint-Maur, le 10 avril, de $19^h 2^m,4$ à $20^h 52^m$ environ.

M. AUG. CORET adresse une Note relative à *un moyen d'empêcher le sifflement des brûleurs à gaz à cheminée de verre*.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 13 AVRIL 1909.

Pour l'aviation, par MM. D'ESTOURNELLES DE CONSTANT, PAUL PAINLEVÉ, le commandant BOUTTIEAUX : *L'action parlementaire. Les dirigeables. Les aéroplanes. L'Aviation et la Science. La guerre et la paix. Le tourisme aérien. La navigation aérienne*. 40 illustrations hors texte. Paris, librairie aéronautique, 1909; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Alfred Picard.)

Pratique de la chirurgie antiseptique. Leçons professées à l'Hôtel-Dieu par le Dr JUST LUCAS-CHAMPIONNIÈRE, avec un portrait de Lord LISTER. Paris, G. Steinheil, 1909; 1 vol. in-8. (Présenté par M. Guyon.)

Revue maritime, publiée par le Ministère de la Marine, t. CLXXX, 570e livraison, mars 1909. Paris, R. Chapelot et Cie; 1 vol. in-8.

De l'unité de la force, par C. RABUTTÉ. Gisors, imp. de Ch. Lapierre, 1894; 1 fasc. in-8. (Hommage de l'auteur.)

Réflexions sur le second foyer de l'orbite terrestre, par JEAN SARYER. Paris, Chacornac, 1909; 1 fasc. in-8.

Wann wurde Mitteleuropa von den Slaven besiedelt? von MARTIN ZUNKOVIC, 4e Ausgabe. Olmutz, R. Promberger, 1908; 1 vol. in-8. (Hommage de l'auteur.)

Royal botanic Gardens, Kiew. Bulletin of miscellaneous information. Appendix II, 1909. Contents : *Catalogue of the library. Additions received during* 1908. Londres, 1909; 1 fasc. in-8.

Catalogue of polish scientific literature, t. VIII, z. 1 i 2, rok 1908. Cracovie, 1909; 1 fasc. in-8.

Travaux de la Société scientifique de Varsovie, n° 1, 1908. Varsovie; 1 fasc. in-8.

Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, publiées par la Société hollandaise des Sciences à Harlem, et rédigées par J.-P. LOTSY, avec la collaboration des membres de la Société, 2e série, t. XIV, livr. 1 et 2. La Haye, Martinus Nijhoff, 1909; 1 fasc. in-8.

The Journal of tropical Veterinary Science, t. IV, n° 1, 1909; pub. by the Indian civil Veterinary Department. Calcutta; 1 fasc. in-8.

Göteborg's kungl. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles Handlingar; Fjärde följden : X, XI, 1908. Götborg; 2 vol. in-8.

Sammelschrift der mathematisch-naturwissenschaftlichärztlichen Section der Sevcenko-Gesellschaft der Wissenschaften in Lemberg, Bd. XII. Lemberg, 1908; 1 vol. in-8.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MAI 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la pression intérieure des fluides et la loi de l'attraction intermoléculaire.* Note de M. **E.-H. Amagat.**

J'ai déjà montré, dans des Notes précédentes [1], la difficulté que présente la comparaison et l'interprétation, conforme aux données expérimentales, des deux fonctions auxquelles on a donné le nom de *pression intérieure*. Je présente aujourd'hui une solution de cette difficulté qui, sans exclure, mais en restreignant seulement celle que j'ai déjà proposée, paraît parfaitement satisfaire à l'ensemble des résultats expérimentaux.

1° La première de ces fonctions $\left(\mathrm{T}\frac{dp}{dt}-p\right)$ que j'ai désignée par la lettre π est déduite du principe de Carnot et ne présente en elle-même aucune difficulté, mais il n'en est pas de même de la seconde $\frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v}$ désignée par π' et déduite de la théorie du viriel.

On arrive à l'expression de π' en partant de la relation

$$\mathrm{KT} = \frac{3}{2}pv + \frac{1}{2}\Sigma r\varphi(r), \tag{1}$$

dans laquelle $\frac{1}{2}\Sigma r\varphi(r)$ est le viriel des forces intérieures, et l'on écrit ensuite cette relation sous la forme

$$\mathrm{KT} = \frac{3}{2}(p+\pi')v, \tag{2}$$

---

(1) Séances des 4 mars 1895 et 12 février 1906.

en posant

$$\pi' = \frac{1}{3}\,\frac{\Sigma r\varphi(r)}{v}.$$

Ces deux relations, l'interprétation qu'on en donne et l'application qu'on en fait sont-elles absolument légitimes, c'est ce que je vais examiner.

Si, comme je l'ai fait, on applique la relation (2) à une isotherme, on arrive de suite à cette expression de π' facile à calculer numériquement et dont j'ai donné les Tableaux pour plusieurs gaz :

$$\pi' = \frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v} = \frac{p_1 v_0}{v} - p.$$

Ceci étant, si l'on admet, ainsi qu'on le fait généralement, ce qui du reste paraît parfaitement acceptable dans le cas des distances moléculaires relativement grandes, que l'énergie intramoléculaire ne dépend que de la température, il est facile de montrer qu'on arrive alors à ce résultat que les deux fonctions π et π' sont identiques; on peut, par exemple, mettre l'expression de la quantité élémentaire de chaleur sous la forme

(3) $$dq = \mathrm{M}\,dt + \mathrm{A}(p + \pi')\,dv,$$

de laquelle il résulte immédiatement qu'on a

$$l = \mathrm{A}(p + \pi'), \qquad \text{d'où} \qquad \pi' = \mathrm{T}\frac{dp}{dt} - p = \pi.$$

On aurait donc

(4) $$\frac{p_0 v_0}{v} - p = \mathrm{T}\frac{dp}{dt} - p.$$

Or, d'une part, il est facile de voir qu'au degré près d'approximation de la loi $\frac{dp}{dt} = \varphi(v)$, la différence $\frac{p_0 v_0}{v} - \mathrm{T}\frac{dp}{dt}$ est de la forme $\mathrm{T}\varphi(v)$, puisque $p_0 v_0$ (ordonnée initiale) est proportionnelle à T; et d'autre part, d'ailleurs, la différence des valeurs numériques des deux fonctions, dans les limites des données expérimentales, peut atteindre des valeurs énormes; nous sommes donc conduits à une contradiction formelle.

2° J'ai déjà fait remarquer qu'on échappait à cette contradiction, si l'énergie intramoléculaire était fonction non seulement de la température, mais encore du volume; dans ce cas, en effet, la relation (3) devrait s'écrire

(5) $$dq = \mathrm{M}\,dt + \mathrm{A}\left(p + \pi' + \frac{du}{dv}\right)dv,$$

et l'on aurait, non plus $\pi' = \pi$, mais

$$\pi = \pi' + \frac{du}{dv}.$$

Cependant, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer ci-dessus, dans le cas de grandes distances intermoléculaires, il paraît naturel d'admettre que l'énergie intramoléculaire est fonction de la température seulement. Or, même dans ce cas, la relation (4) est en désaccord avec les données expérimentales; il est donc naturel de chercher une autre cause à la contradiction à laquelle nous avons été conduits.

3° Or, dans ma dernière Note sur ce sujet, je suis arrivé par les considérations les plus simples, et sans faire aucune hypothèse, à ce résultat : *Si v est le volume actuel d'un fluide, et v' celui qu'il aurait dans les mêmes conditions de température et de pression s'il était gaz parfait, il faudrait pour amener ce fluide, dans l'état parfait, du volume v' au volume v qu'il a réellement, faire varier la pression extérieure qu'il supporte d'une quantité dont l'expression est*

$$\left(\frac{p_0 v_0}{v} - p\right),$$

c'est-à-dire précisément d'une quantité égale à π' et par suite à $\frac{\Sigma r \varphi(r)}{3v}$, si les relations (1) et (2) sont légitimes.

Dans les fluides non parfaits, l'imperfection est due à l'existence d'une pression intérieure; c'est cette pression intérieure qui agit comme le ferait une pression extérieure numériquement égale et dont nous venons de voir que l'expression est précisément $\left(\frac{p_0 v_0}{v} - p\right)$; cette expression correspond donc à toutes les forces intérieures dont le résultat est de produire l'imperfection du fluide et la variation de volume $(v' - v)$; on peut donc appeler la pression qu'elle représente la *pression intérieure totale*.

Si donc maintenant nous revenons à la relation (1), nous voyons que celle-ci doit contenir le viriel correspondant à toutes les forces desquelles dépend la pression intérieure totale; or, écrire que ce viriel est $\frac{1}{2}\Sigma r \varphi(r)$, ainsi que nous l'avons fait, c'est admettre seulement l'existence des forces intermoléculaires introduites dans le calcul par la considération des forces centrales, mais nous ignorons si d'autres forces n'existent point, dont il faudrait tenir compte; nous sommes donc conduits ainsi, pour expliquer la contradiction à laquelle nous nous sommes heurtés, à admettre l'existence de nouvelles forces dont la nature sera à déterminer; le viriel W'' de ces forces devra être introduit dans la relation (1), et, si nous désignons par π''

la pression intérieure correspondante qui sera égale à $\frac{2}{3}\frac{W''}{v}$, l'expression de la *pression intérieure totale* que dorénavant, pour éviter toute confusion, nous désignerons par Π', sera

$$\Pi' = \frac{p_0 v_0}{v} - p = \frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v} + \pi'' = \pi' + \pi'',$$

conservant ainsi la notation π' pour la fonction $\frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v}$.

Comme, du reste, c'est cette pression intérieure totale, que nous avons montrée ne pouvoir être identique à π, rien ne s'oppose plus maintenant à ce que, dans le cas des grandes distances intermoléculaires, π et π' soient égaux; c'est ce qui résulte de la relation (5) quand on y suppose $\frac{du}{dv}$ négligeable, c'est-à-dire par conséquent de la relation (3); comme, en effet, dans cette relation π' n'était autre que $\frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v}$, on en tire

$$A\left[p + \frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v}\right] = l = AT\frac{dp}{dt},$$

d'où

$$\frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v} = T\frac{dp}{dt} - p = \pi.$$

Ceci suppose, comme on le voit, que les nouvelles forces introduites n'apportent point de terme nouveau dans la relation (5) à la place du terme $\frac{du}{dv}$ supprimé, c'est-à-dire que la relation (3) subsiste; les nouvelles forces dont nous aurons à déterminer ultérieurement la nature devront donc satisfaire à cette condition.

4° Ainsi, dans le cas de distances intermoléculaires assez grandes pour qu'on puisse négliger $\frac{du}{dv}$, les valeurs de π ne dépendent que des distances intermoléculaires, soit de la distance intermoléculaire moyenne et, par suite, du volume; on est donc tout naturellement conduit à se demander si, dans ces conditions, les valeurs de π ne pourraient être représentées par une fonction simple du volume, si, par exemple, elles ne satisferaient pas à une relation de la forme

$$\frac{\pi}{\pi_1} = \left(\frac{v_1}{v}\right)^x \quad (a).$$

S'il en était ainsi, x devrait rester constant jusque pour une certaine

valeur de π à partir de laquelle il commencerait à diminuer puisqu'il doit s'annuler et changer de signe pour le maximum de π. Or, c'est précisément ce qui arrive; il suffit pour le montrer de calculer les valeurs de x de proche en proche, ce qui ne présente aucune difficulté.

Malheureusement, les Tableaux que j'ai donnés pour les différents gaz partent de 50^{atm} pour l'acide carbonique et l'éthylène et de 100^{atm} pour les autres gaz; entre ces limites et les pressions voisines de la pression normale les données expérimentales font défaut; mais, comme les maxima de π n'ont lieu que pour des pressions assez fortes, on peut encore constater la constance de la valeur de x dans des limites étendues de pression; du reste, si l'on calcule ces valeurs pour des pressions voisines de la pression normale, on retrouve le même résultat qu'aux fortes pressions précédant le maximum de π; x reste donc bien constant, depuis la pression normale et vraisemblablement depuis des pressions beaucoup plus faibles jusqu'aux limites que nous venons d'indiquer; cette valeur constante est indépendante de la température, puisque π ne dépend que du volume; enfin il est le même pour tous les corps et égal à 2.

	Azote à 0°.				Air à 0°.		Oxygène à 0°.		Acide carbonique à 50°.			
P.	π.	Π'.	x.	x_1.	π.	x.	π.	x.	π.	Π'.	x.	x'.
atm												
1...	+0,0025						+0,00273					
3...	+0,02262		+1,99	+2,00	+ 2,00?	+2,00?	+0,02457	+1,97			+2,00	+ 2,00?
50...			+2,00	Région négat.				+2,02	+ 30,75	+ 14,3	+1,85	+ 1,73
100...	+ 26	+ 0,9	+1,95	+4,95	+ 26,1	+2,07	+ 34,3	+1,94	+ 352	+141	+2,00	+ 0,98
200...	+ 92	− 7,5	+2,05	+4,30	+102	+1,96	+ 135	+1,97	+1366	+273	+2,38	− 1,87
300...	+176	− 36	+1,88	+4,37	+191	+1,93	+ 271	+1,95	+1751	+225	+2,30	− 6,36
400...	+250	− 82	+1,84	+4,33	+274	+1,76	+ 398	+1,92	+2000	+156	+2,43	− 16,2
500...	+313	− 140	+1,99	+4,42	+342	+1,45	+ 510	+2,04	+2214	+ 79,4	+2,04	
600...	+374	− 206	+1,89	+4,91	+390	+1,40	+ 608		+2364	− 1,7	+1,85	+157
700...	+426	− 279	+1,67	+4,51	+429	+1,40		+1,90	+2476	− 86	+1,97	+ 32,8
800...	+468	− 355	+1,26	+4,35	+462	+1,35	+ 735		+2582	−173	+2,5?	+ 28,4
900...	+495	− 435	+0,87	+4,62	+492	+1,13		+1,97	+2717	−260	+2,3?	+ 14,8
1000...	+512	− 517	+0,60	+4,69	+512	+0,25	+ 860		+2843	−348		
1200...	+531	− 686	+0,25	+4,61	+520	−1,06	+ 990	+2,25				
1400...	+538	− 860	+0,00	+4,58	+483		+1200	+2,20				
1600...	+538	−1038	−0,22	+4,19		−2,55						
1800...	+534	−1217	−0,81	+4,74	+421	−3,03		+1,80				
2000...	+521	−1399	−1,71	+4,67	+385	−4,70	+1340					
2200...	+498	−1583	−3,02	+4,85	+339	−5,88		+0,93				
2400...	+465	−1768	−4,63	+5,20	+299		+1400	−1,22				
2600...	+425	−1956				(2700^{at})	+1350					

Le Tableau ci-dessus donne la valeur de x pour l'azote, l'air et l'oxygène à zéro et pour l'acide carbonique à 50°; on voit que, jusqu'au moment où elles commencent à diminuer, ces valeurs oscillent autour de 2, les écarts étant en général de l'ordre de grandeur des erreurs pouvant provenir des

données expérimentales, car la moindre variation dans la valeur de $\frac{dp}{dt}$ montre des différences considérables dans la valeur de π et par suite dans celle de x.

Voici maintenant un Tableau des valeurs de x pour des pressions voisines de la pression normale; elles ont été obtenues au moyen de données expérimentales dues à M. Leduc; elles témoignent de l'exactitude remarquable de ces données, surtout si l'on tient compte des limites de pression :

	Entre 1^{atm} et 2^{atm}.	Entre 2^{atm} et 3^{atm}.	Entre 1^{atm} et 3^{atm}.
Hydrogène	»	»	2,00
Azote	1,99	2,00	1,99
Oxygène	2,00	1,99	1,99
Acide carbonique	2,04	2,04	2,04
Éthylène	2,01	2,08	2,04
Ammoniaque	2,02	2,00	2,02

L'exactitude de la loi suivante ne peut donc faire aucun doute : *A partir d'une distance intermoléculaire moyenne suffisamment grande et pour les valeurs plus grandes de celle-ci, les valeurs de la fonction π sont en raison inverse des carrés des volumes.*

5° La fonction Π' est de la forme $f(v) + T\psi(v)$; mais pour une température donnée, le volume diminuant, elle croît, passe par un maximum et devient négative comme π.

Si, appliquant à Π' une relation analogue à (a), on détermine les valeurs successives de l'exposant correspondant x', celui-ci passera par des variations analogues à celles de x, le volume variant; on en suit mieux l'évolution (*voir* le premier Tableau), parce que Π' s'annule beaucoup plus rapidement que π. On voit que x', après avoir changé de signe pour le maximum de la fonction Π', redevient positif en passant par l'infini quand cette fonction s'annule.

Si l'on fait le rapport de Π' à π pour des volumes de plus en plus grands ou des pressions de plus en plus petites, ce rapport, ainsi que le montre le Tableau qui suit, tend à devenir constant; par suite, x' tend à devenir égal à x; c'est en effet ce que montre le même Tableau :

	Acide carbonique.				Éthylène.			
	π.	Π'.	$\frac{\pi}{\Pi'}$.	x'.	π.	Π'.	$\frac{\pi}{\Pi'}$.	x'.
1 atmosphère	0,17000	0,00666	2,553	2,01	0,02029	0,0666	3,045	2,06
2 atmosphères	0,07098	0,02726	2,603	2,03	0,08332	0,02726	3,053	2,07
3 atmosphères	0,16461	0,06267	2,627		0,19779	0,06267	3,156	

Les données expérimentales relatives à l'acide carbonique dues à M. P. Chappuis permettent de calculer pour ce gaz les valeurs de x' de 10^{cm} en 10^{cm} de mercure entre 60^{cm} et 130^{cm} à zéro, et directement entre 60^{cm} et 130^{cm} à 40° et à 100°.

On trouve les valeurs suivantes qui montrent assez la haute valeur expérimentale des données de M. Chappuis :

	Entre						
	60^{cm} et 70^{cm}.	70^{cm} et 80^{cm}.	80^{cm} et 90^{cm}.	90^{cm} et 100^{cm}.	100^{cm} et 110^{cm}.	110^{cm} et 120^{cm}.	120^{cm} et 130^{cm}
A zéro...	2,010	1,996	1,987	1,994	1,979	1,987	2,045

	A zéro.	A 40°.	A 100°.
Entre 60^{cm} et 130^{cm}.....	1,996	1,997	1,998

On remarquera que x' n'atteint la valeur 2 que pour des volumes infiniment plus grands que ceux pour lesquels x atteint la même valeur.

6° Revenons maintenant à la fonction π; de son expression $\frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v}$ et de la valeur (2) de x, on déduit de suite, par le cas des grandes distances, la loi d'attraction intermoléculaire en supposant celle-ci de la forme $\frac{k}{r^n}$.

Nous avons, en effet, en ne tenant compte que des dimensions : d'une part,

$$\pi = \frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v} = \frac{a\varphi(r)}{r^2},$$

et, d'autre part,

$$\pi = \frac{b}{v^2} = \frac{c}{r^6},$$

a, b et c étant des constantes, et par suite enfin

$$\varphi(r) = \frac{K}{r^4}.$$

Nous arrivons donc à ce résultat que : *L'attraction intermoléculaire est en raison inverse de la quatrième puissance de la distance.*

Il nous reste maintenant à chercher la nature des forces desquelles dépend la pression π''; cette question sera l'objet d'une Note ultérieure.

PARASITOLOGIE. — *Sur une hémogrégarine du* Python Sebai. Note de MM. **A. Laveran** et **A. Pettit**.

Les hémogrégarines sont communes chez les Ophidiens du genre *Python*. Ces hématozoaires ont été signalés par A. Billet chez le *P. reticulatus* du Haut-Tonkin (1), par Mlle Robertson chez un Python de Gambie (2), par Sambon et Seligmann chez le *P. molurus* et chez le *P. spilotes* (3), par Prowazek chez un Python de Java (4), par Patton chez le *P. molurus* de l'Inde (5), par Wenyon chez un Python du Bahr-el-Ghazal (6).

L'un de nous a observé, en 1906, des hémogrégarines dans le sang d'un *P. Sebai* (7) provenant du Sénégal et, en 1908, dans des préparations du sang d'un *P. regius,* dues à l'obligeance de Mme Phisalix.

Un *P. Sebai* fortement infecté d'hémogrégarines nous a été envoyé récemment du Sénégal par M. le Dr Thiroux auquel nous adressons nos sincères remercîments pour ce très intéressant envoi. Le Python, arrivé à Paris en bon état, mesurait 3m,25 de long; il fut sacrifié au bout de quelques jours en vue de la recherche, dans les viscères, des formes de multiplication de l'hémogrégarine.

Nous décrirons successivement: les formes endoglobulaires, les hémogrégarines libres ou incluses dans des éléments pigmentés intravasculaires, enfin les formes de multiplication.

Ces différentes formes ont été étudiées dans le sang frais, dans le sang desséché, fixé et coloré, dans les frottis et sur des coupes histologiques du foie, des poumons, de la rate et des reins. La plupart des colorations ont été faites avec la solution de Giemsa.

1° *Formes endoglobulaires.* — L'hémogrégarine, qui mesure de 11µ à 13µ de long sur 2µ de large environ, a l'aspect d'un vermicule légèrement incurvé. L'une des extré-

---

(1) *Société de Biologie,* 19 janvier 1895.

(2) *Proceedings R. Phys. Soc. Edinburgh,* 1906, t. XVI, p. 237. Mlle Robertson, ayant cru voir un centrosome à côté du noyau, a décrit le parasite sous le nom évidemment impropre de *Trypanosoma pythonis.*

(3) *Proceedings patholog. Soc.,* 1907; *Lancet,* 1907, et *The Journal of trop. med. and hyg.,* 1908-1909. Les auteurs notent le *P. Sebai* parmi les serpents chez lesquels ils n'ont pas trouvé d'hémogrégarines.

(4) *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte,* 1907, t. XXVI, p. 31-36.

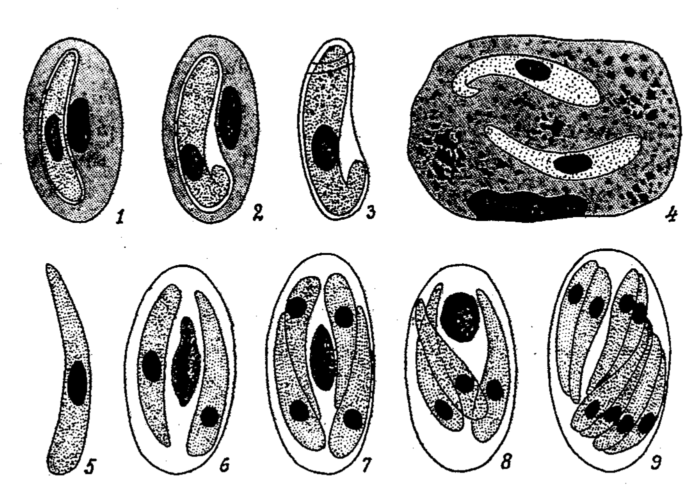
(5) *Parasitology,* 1908, t. I, n° 4, p. 319.

(6) Troisième Rapport de A. Balfour sur le laboratoire de Khartoum, 1908, p. 157.

(7) *Sebai* et non *Sebæ,* d'après les règles de la nomenclature.

mités est en général plus effilée que l'autre (*fig.* 1). L'extrémité effilée est souvent repliée comme l'indique la figure 2. La longueur des éléments, si l'on tient compte du repliement, toujours partiel, peut atteindre 17^{μ} à 18^{μ}.

Vers la partie moyenne du corps du parasite, on distingue un karyosome de forme ovalaire qui se colore facilement par le Giemsa. Le protoplasme ne contient d'ordinaire qu'un petit nombre de granulations chromophiles.



1, 2, hémogrégarines endoglobulaires; 3, hémogrégarine encapsulée, après disparition de l'hématie; 4, élément pigmenté contenant deux hémogrégarines; 5, hémogrégarine dépliée, libre; 6, 7, 8, 9, formes de multiplication; au milieu des mérozoïtes, on observe un reliquat dans les kystes 6, 7 et 8. Grossissement : 1600 D environ.

L'hémogrégarine est entourée par un espace clair limité par une capsule qui devient très visible quand le parasite replié la refoule (*fig.* 2) et surtout lorsque, l'hématie ayant disparu, l'hémogrégarine est encore encapsulée (*fig.* 3). La capsule se colore en rose vif par le Giemsa; on voit souvent à sa surface des lignes transversales d'un rose plus vif que le fond (*fig.* 3) dont la disposition est variable (plis ou fentes).

Les hématies parasitées sont peu altérées; elles augmentent parfois de volume jusqu'à atteindre 20^{μ} de long (longueur normale, 15^{μ}).

Le noyau est refoulé latéralement, rarement à l'une des extrémités; il est de volume normal ou faiblement hypertrophié; le protoplasme de l'hématie conserve longtemps son aspect normal; l'hémogrégarine s'y creuse une loge de plus en plus grande et il arrive un moment où l'hématie se déchire; ce qui reste du prostoplasme disparaît rapidement, mais on retrouve souvent le noyau de l'hématie à côté du parasite encore encapsulé.

2° *Hémogrégarines libres.* — Dans le sang frais, les hémogrégarines libres, débarrassées de leur capsule et dépliées, se présentent sous l'aspect de vermicules de 17^{μ} à 18^{μ} de long, effilés aux extrémités.

Les vermicules se meuvent lentement; on voit se former des renflements suivis

d'étranglements qui donnent aux parasites un aspect moniliforme. Le protoplasme est incolore, finement granuleux. On ne distingue pas les noyaux.

Dans un morceau de foie conservé à la glacière, on trouvait encore, au bout de 5 jours, des hémogrégarines mobiles.

Dans le sang desséché, fixé et coloré, les hémogrégarines ont l'aspect de vermicules en général incurvés, mesurant 17^μ à 20^μ de long, sur 2^μ à 3^μ de large. Une des extrémités est d'ordinaire plus effilée que l'autre (*fig.* 5). Vers la partie moyenne du corps du parasite, on voit un karyosome ovalaire bien limité. Le protoplasme contient des granulations chromophiles dont le nombre et la grosseur sont variables.

3° *Hémogrégarines incluses dans des éléments pigmentés intravasculaires.* — Dans les frottis du foie, on trouve un grand nombre d'éléments pigmentés de volume variable, qui contiennent des hémogrégarines libres. La figure 4 représente un de ces éléments avec deux hémogrégarines. Sur les coupes histologiques du foie, il est facile de s'assurer que les éléments pigmentés sont contenus dans les capillaires sanguins plus ou moins dilatés. Leur volume est très variable; à côté d'éléments qui n'ont que 15^μ à 20^μ de diamètre, on en trouve qui mesurent 100^μ et plus de long, mais il s'agit alors d'éléments agglomérés. Le nombre des hémogrégarines qui se trouvent dans ces éléments pigmentés est très variable; tantôt on ne voit qu'une hémogrégarine, tantôt le nombre des parasites s'élève à 10 ou 20. Les hémogrégarines sont libres et en bon état. Nous avons trouvé une fois, dans un petit élément pigmenté, un des kystes à macromérozoïtes qui seront décrits plus bas.

A propos de *Hæmogregarina lacertæ,* nous avons appelé l'attention sur ces éléments pigmentés intravasculaires dans lesquels les hémogrégarines semblent pouvoir vivre comme dans les hématies ([1]); l'analogie est complète ici entre l'hémogrégarine du python et celle des lézards.

4° *Formes de multiplication.* — Ces formes n'ont jamais été rencontrées dans le sang de la grande circulation; elles étaient rares dans les frottis et dans les coupes du foie. En raclant un morceau du foie conservé depuis 5 jours à la glacière, en diluant dans de l'eau physiologique le produit du raclage, et en centrifugeant, nous avons obtenu, dans la partie supérieure du culot, des formes de multiplication non rares. Par le même procédé, nous avons pu voir quelques formes de multiplication dans les poumons, alors que l'examen des frottis et des coupes avait été négatif. Aucune forme de multiplication n'a été vue dans les frottis de la rate ni des reins.

L'hémogrégarine qui va se diviser prend une forme ovalaire d'abord, puis sphérique, et elle s'enkyste; l'enveloppe kystique, hyaline, est très mince. Le protoplasme de l'hémogrégarine a une structure aréolaire et le noyau ne tarde pas à se diviser.

Les kystes mesurent de 18^μ à 25^μ de long sur 13^μ à 14^μ de large. Le nombre des mérozoïtes est le plus souvent de 2, 3 ou 4 (*fig.* 6, 7, 8); une seule fois nous avons observé un kyste qui contenait 8 mérozoïtes au moins (*fig.* 9). Les mérozoïtes mesurent 13^μ à 14^μ de long; leur largeur varie, elle est plus grande dans les kystes qui ne renferment que deux éléments que dans ceux qui en renferment quatre et huit surtout.

([1]) A. Laveran et A. Pettit, *Comptes rendus*, 21 décembre 1908.

Dans notre Note sur *H. lacertæ*, nous avons parlé déjà des interprétations qui ont été données de ces kystes dits à *macro* et à *micromérozoïtes*; nous n'y reviendrons pas ici.

Dans le poumon droit du python, nous avons trouvé quatre pentastomes (trois grands et un petit) qui, d'après la détermination faite par M. le professeur Railliet d'Alfort, appartenaient à l'espèce *Porocephalus armillatus* Wyman.

Prowazek a signalé, dans le tube digestif de pentastomes recueillis chez un python de Java, l'existence d'hémogrégarines semblables à celles du serpent et de kystes, et il s'est demandé si, éventuellement, ces parasites ne pouvaient pas servir d'hôtes intermédiaires aux hémogrégarines (¹).

Patton, qui a vu également des hémogrégarines et des kystes chez des pentastomes trouvés dans les poumons de *Zamenis mucosus*, pense que les kystes représentent une phase du développement d'un parasite particulier aux pentastomes et qu'ils n'ont rien à voir avec les hémogrégarines des Ophidiens (²).

Nous avons examiné trois des pentastomes trouvés chez le python : deux grands et le petit. Nous avons fait des frottis avec le contenu du tube digestif et aussi des coupes histologiques transversales des pentastomes.

Dans les frottis faits avec le contenu du tube digestif des deux grands pentastomes, nous avons trouvé des hémogrégarines non rares, très bien conservées, libres ou encore encapsulées, identiques à celles du python. A côté des hémogrégarines, on voyait des kystes répondant à la description de Prowazek : kystes sphériques mesurant 11$^{\mu}$ à 14$^{\mu}$ de diamètre, pourvus d'une membrane à double contour; dans le protoplasme, on distingue un noyau sphérique assez volumineux. Nous n'avons pas vu de forme d'évolution plus avancée de ces kystes.

Sur les coupes des gros pentastomes, nous avons trouvé, dans le tube digestif, quelques hémogrégarines, beaucoup plus rares et plus difficiles à voir que dans les frottis. Nous n'avons pas vu d'autres parasites. L'épithélium du tube digestif était intact.

L'examen du petit pentastome a été négatif.

La présence d'hémogrégarines dans le tube digestif des pentastomes recueillis sur des Ophidiens infectés par ces hématozoaires n'a rien qui puisse surprendre puisque les pentastomes se nourrissent de sang. Pour ce

(¹) *Zoologisch. Anzeiger*, t. XXXIII, nº 14, 29 septembre 1908.

(²) W.-S. Patton, *Parasitology*, t. I, p. 321, décembre 1908.

qui concerne les kystes signalés par Prowazek et retrouvés par nous, leur relation avec les hémogrégarines n'est pas établie. De nouvelles recherches s'imposent.

On admet généralement aujourd'hui que les Ixodes sont les agents ordinaires de transmission des hémogrégarines chez les Ophidiens.

Nous n'avons pas trouvé d'Ixodes à la surface du corps du python reçu cette année. Le *P. Sebai* que l'un de nous a observé en 1906 était porteur d'Ixodes (cinq moyens, neuf petits); l'examen du contenu de ces Ixodes au point de vue des formes d'évolution de l'hémogrégarine a été négatif; il en a été de même de l'examen d'un *Aponomma lœve* recueilli sur le *P. regius* mentionné plus haut.

L'hémogrégarine que nous avons observée chez le *P. Sebai* ne pouvant être identifiée à aucune des espèces connues, nous proposons de la désigner sous le nom de *H. Sebai*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes singuliers de réseaux* O *associés*. Note de M. C. **Guichard**.

La théorie des systèmes singuliers que j'ai développée dans le cas des surfaces isothermiques [*Sur la déformation des quadriques* (*Savants étrangers*, Chap. VIII)] s'étend à tous les réseaux O associés. Je prends comme exemple les réseaux O associés de ma Note du 13 avril; considérons deux déterminants Δ_2 qui correspondent aux valeurs θ_1 et θ_2 de θ; désignons par U_2 et V_2 les valeurs des fonctions U_1 et V_1 pour le second déterminant. Dans chacun de ces déterminants, je forme une combinaison linéaire à coefficients constants des colonnes et j'écris seulement les combinaisons ainsi formées :

$$\Delta'_2 = \begin{vmatrix} z'_1 \\ z'_2 \\ z'_3 \\ z'_4 \\ z'_5 \\ \xi' \\ \eta' \end{vmatrix}, \qquad \Delta''_2 = \begin{vmatrix} z''_1 \\ z''_2 \\ z''_3 \\ z''_4 \\ z''_5 \\ \xi'' \\ \eta'' \end{vmatrix}.$$

Si l'on a

$$(1) \qquad U_2\xi'' = KU_1\xi', \qquad V_2\eta'' = KV_1\eta',$$

K étant une constante, on aura aussi en intégrant :

$$(2)\quad \begin{cases} z''_1 = K\dfrac{\cos\theta_2}{\cos\theta_1} z'_1 + \alpha_1, \\ z''_2 = K\dfrac{\cos\theta_2}{\cos\theta_1} z'_2 + \alpha_2, \\ z''_3 = K\dfrac{\cos\theta_2}{\cos\theta_1} z'_3 + \alpha_3, \\ z''_4 = K\dfrac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} z'_4 + \beta_1, \\ z''_5 = K\dfrac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} z'_5 + \beta_2, \end{cases}$$

les quantités α et β étant des constantes. Si l'on désigne par S_1 et S_2 les sommes

$$S_1 = z'^2_1 + z'^2_2 + z'^2_3 + z'^2_4 + z'^2_5 + \xi'^2 + \eta'^2,$$
$$S_2 = z''^2_1 + z''^2_2 + z''^2_3 + z''^2_4 + z''^2_5 + \xi''^2 + \eta''^2,$$

on aura

$$(3)\quad S_2 = K^2\frac{\cos^2\theta_2}{\cos^2\theta_1}(z'^2_1 + z'^2_2 + z'^2_3) + K^2\frac{\sin^2\theta_2}{\sin^2\theta_1}(z'^2_4 + z'^2_5) + K^2\left(\frac{U_1^2\xi'^2}{U_2^2} + \frac{V_1^2\eta'^2}{V_2^2}\right)$$
$$+ 2K\frac{\cos\theta_2}{\cos\theta_1}(\alpha_1 z'_1 + \alpha_2 z'_2 + \alpha_3 z'_3)$$
$$+ 2K\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}(\beta_1 z'_4 + \beta_2 z'_5) + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 + \beta_1^2 + \beta_2^2.$$

Or, si l'on remarque que

$$(4)\quad \begin{cases} z'^2_4 + z'^2_5 = S_1 - (z'^2_1 + z'^2_2 + z'^2_3) - \left(\dfrac{U_1^2\xi'^2}{U_2^2} + \dfrac{V_1^2\eta'^2}{V_2^2}\right), \\ \dfrac{1}{U_1^2} = \cos^2\theta_1 + \dfrac{\sin^2\theta_1}{U^2}, \qquad \dfrac{1}{U_2^2} = \cos^2\theta_2 + \dfrac{\sin^2\theta_2}{U^2}, \\ \dfrac{1}{V_1^2} = \cos^2\theta_1 + \dfrac{\sin^2\theta_1}{V^2}, \qquad \dfrac{1}{V_2^2} = \cos^2\theta_2 + \dfrac{\sin^2\theta_2}{V^2}, \end{cases}$$

on aura, après avoir simplifié,

$$(5)\quad S_2 = K^2 S_1\frac{\sin^2\theta_2}{\sin^2\theta_1} + K^2\frac{\cos^2\theta_2 - \cos^2\theta_1}{\sin^2\theta_1}\left(\frac{z'^2_1 + z'^2_2 + z'^2_3}{\cos^2\theta_1} + U_1^2\xi'^2 + V_1^2\eta'^2\right)$$
$$+ 2K\frac{\cos\theta_2}{\cos\theta_1}(\alpha_1 z'_1 + \alpha_2 z'_2 + \alpha_3 z'_3)$$
$$+ 2K\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}(\beta_1 z'_4 + \beta_2 z'_5) + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 + \beta_1^2 + \beta_2^2.$$

On voit qu'entre les éléments de la colonne de Δ_1 doit exister une relation

de la forme

$$(6)\quad \frac{1}{\sin^2\theta_1}\left(\frac{z_1'^2+z_2'^2+z_3'^2}{\cos^2\theta_1}+U_1^2\xi_1^2+V_1^2\eta_1^2\right)=2\frac{\lambda_1 z_1'+\lambda_2 z_2'+\lambda_3 z_3'}{\cos\theta_1}+2\frac{\mu_1 z_4'+\mu_2 z_5'}{\sin\theta_1}+\nu,$$

les quantités λ, μ, ν étant des constantes. La relation (6) étant supposée vérifiée, les formules (1) et (2) donneront, quel que soit θ_2, les éléments d'une colonne de Δ_2 si l'on suppose

$$(7)\quad \alpha_1=-K\lambda_1\frac{\cos^2\theta_2-\cos^2\theta_1}{\cos\theta_2},\qquad \beta_1=-K\mu_1\frac{\cos^2\theta_2-\cos^2\theta_1}{\sin\theta_2},\qquad \ldots.$$

En tenant compte des équations (6) et (7), la formule (5) donne

$$(8)\quad S_2=K^2\left[S_1\frac{\sin^2\theta_2}{\sin^2\theta_1}+(\cos^2\theta_2-\cos^2\theta_1)\nu+\frac{(\cos^2\theta_2-\cos^2\theta_1)^2}{\cos^2\theta_2}(\lambda_1^2+\lambda_2^2+\lambda_3^2)\right.$$
$$\left.+\frac{(\cos^2\theta_2-\cos^2\theta_1)^2}{\sin^2\theta_2}(\mu_1^2+\mu_2^2)\right].$$

Si dans la formule (8) le coefficient de K^2 est nul, la combinaison linéaire des colonnes de Δ_2 est une combinaison isotrope. On a ainsi une équation du troisième degré en $\cos^2\theta_2$, qui donne les valeurs correspondantes de θ_2; c'est *l'équation caractéristique*.

Nous pouvons donc énoncer le résultat suivant :

Si dans deux déterminants Δ_2 on peut former des combinaisons linéaires de $U\xi$, *telles que les deux combinaisons obtenues ne diffèrent que par un facteur constant, on pourra dans chacun des déterminants Δ_2 former une combinaison linéaire des* $U\xi$, *de telle sorte que deux quelconques de ces combinaisons ne diffèrent que par un facteur constant. Les valeurs de θ, qui correspondent au cas où la combinaison est une combinaison isotrope, sont données par l'équation caractéristique qui est du troisième degré.*

Nous dirons, dans ce cas, que le système donné est un *système singulier d'ordre* un.

Dans le cas où le système est associé à un réseau plan, l'équation caractéristique, si la singularité est d'ordre *un*, se réduit au second degré.

Comme dans le cas des systèmes isothermiques, on peut définir les singularités d'ordre p. On arrive au résultat suivant :

Si dans $p+1$ déterminants Δ_2 on peut former une combinaison linéaire des $U\xi$, *de telle sorte qu'entre les $p+1$ combinaisons ainsi obtenues existe une relation linéaire, on pourra, dans chacun des déterminants Δ_2, former une combinaison linéaire des* $U\xi$, *de telle sorte qu'entre $p+1$ quelconques de ces combinaisons existe une relation linéaire.*

On dit dans ce cas que le système est un *système singulier d'ordre p*. Les valeurs de $\cos^2\theta$ qui correspondent au cas où la combinaison choisie est isotrope sont données par une équation de degré $2p+1$. C'est l'*équation caractéristique* du système singulier.

Il reste à indiquer l'effet produit sur un système singulier par les transformations de ma Note du 13 avril. Prenons d'abord le cas d'un système singulier d'ordre *un*.

Si l'équation caractéristique est une identité, on pourra, en choisissant convenablement la première transformation, réduire l'ordre du problème de deux unités. Ainsi, en conservant l'exemple choisi, on pourra ramener le système à un réseau de l'espace à trois associé à un réseau de l'espace à quatre, ou encore à des réseaux associés situés dans des espaces à deux et à cinq dimensions.

Si l'équation caractéristique a une racine double ou triple, on peut, par un choix convenable de la transformation, réduire l'ordre du problème d'une unité.

Si l'équation n'a pas de racines multiples, il n'est pas possible de réduire l'ordre du problème en se servant des transformations indiquées. Suivant le choix de la transformation, deux cas pourront se présenter : 1° on obtient un système analogue à celui qui a servi de point de départ; 2° on obtient un système singulier d'ordre *deux;* l'équation caractéristique du nouveau système a une racine multiple.

Prenons un système singulier d'ordre p. Si l'équation caractéristique a une racine multiple, on peut ramener le système à un autre dont l'ordre de singularité est $p-1$.

Si l'équation caractéristique n'a pas de racines multiples on pourra, suivant la façon de choisir la transformation, obtenir soit un système singulier d'ordre p, soit un système singulier d'ordre $p+1$, mais dans ce dernier cas la nouvelle équation caractéristique a une racine multiple.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Tome II (année 1908) de la *Revue de Géographie*, publiée sous la direction de M. Ch. Vélain. (Présenté par M. Appell.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *L'application de la loi de Stefan à l'Astronomie.* Note de M. **Ch. Féry**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai précisé dans des Notes précédentes (1) les conditions nécessaires à l'application correcte de la loi en T^4 et j'ai montré dans une autre Note (2) les résultats erronés fournis par les corps sélectifs employés dans la mesure de l'énergie rayonnante.

Les astronomes se servent couramment de la loi de Stefan pour le calcul de la température des planètes de notre système solaire.

On peut admettre que ces corps, qui ne peuvent dissiper l'énergie qu'ils reçoivent du Soleil que par rayonnement, sont dans une enceinte voisine de 200° absolus.

Ils échangent donc des radiations, dont la longueur d'onde dépend de leur température propre, avec la sphère céleste qui émet des radiations de l'ordre de 14^{μ}. D'autre part, ces planètes reçoivent du Soleil des radiations de très courte longueur d'onde, soit $0^{\mu},54$.

Il semble bien difficile de calculer la température d'équilibre dans l'ignorance où nous sommes des valeurs numériques des pouvoirs absorbants et émissifs des astres en fonction de la longueur d'onde.

L'expérience de la pile thermo-électrique (3), dont l'une des soudures est plissée et l'autre plane, montre qu'avec le noir de fumée, par exemple, la lame plane prend au Soleil une élévation de température sensiblement *double* de celle d'un corps à pouvoir émissif égal à l'unité pour toutes les longueurs d'onde.

La céruse donnerait un résultat inverse, Melloni ayant démontré que ce corps, qui a un pouvoir absorbant très faible pour les courtes longueurs d'onde, s'échauffe autant que le noir de fumée pour les radiations d'une source à 100° (8^{μ}).

Ces remarques s'appliquent également aux actinomètres dont l'élévation de température du récepteur, exposé au Soleil, est employée au calcul de la constante solaire.

D'après la loi du déplacement de Wien, la température apparente moyenne

(1) *Comptes rendus*, 22 mars et 5 avril 1909.

(2) *Comptes rendus*, 19 avril 1909.

(3) *Comptes rendus*, 19 avril 1909.

du Soleil serait

$$T_m = \frac{2940}{0,54} = 5440° \text{ absolus } (^1).$$

En employant cette valeur de T_m et la constante de Kurlbaum rectifiée 6,3, on arrive pour la constante solaire exprimée en watts à

$$A_w = 6,3 \times \overline{5440}^4 \times \text{tang}^2 \frac{\varphi}{2} = 0^w,118,$$

et en petites calories-minute

$$A = \frac{0,118 \times 60}{4,15} = 1,70.$$

Ce désaccord de la valeur probable 1,70 de la constante solaire avec la valeur admise 2,40 n'est certainement pas dû entièrement aux propriétés sélectives des actinomètres; je pense qu'il doit provenir en partie d'une correction exagérée de l'absorption atmosphérique.

La constante solaire est en effet définie hors des limites de l'atmosphère, et il est nécessaire de corriger, de ce fait, les mesures directes.

Crova paraît exprimer l'opinion actuelle des astronomes lorsqu'il dit : « On voit combien la constante solaire doit être supérieure aux valeurs observées, la perte par l'atmosphère réduisant *de plus de moitié* l'intensité initiale (²). »

Cependant Wilson (³), dans sa comparaison directe de la radiation solaire à celle d'un four à température connue, n'a été conduit qu'à une absorption de 29 pour 100.

Plus récemment encore, plus de 750 pointés faits sur le Soleil par Millochau entre Chamonix et le sommet du mont Blanc ont conduit cet observateur à une absorption de 9 pour 100 au sommet.

Le télescope héliométrique dont il se servait, transporté à Teddington, très voisin du niveau de la mer, a fourni aux physiciens du National Physical Laboratory 5153° comme température apparente au centre du Soleil (moyenne de 8 mesures très concordantes).

La valeur corrigée obtenue au sommet par Millochau étant de 5550°, le

---

(¹) Cette valeur doit être un peu forte, car Langley a déterminé $\lambda_m = 0^\mu,54$, avec un récepteur bolométrique à noir de platine qui est sélectif et qui déplace le maximum vers le bleu.

(²) *Congrès de Physique*, t. III, 1900, p. 469 : *La constante solaire*.

(³) *The effective temperature of the Sun* (*Proceedings of the Royal Society*, vol. XIX, 1902, p. 312).

coefficient de transmission zénithal pour Teddington serait

$$\left(\frac{5153}{5550}\right)^4 = 0,74,$$

soit la faible absorption de 26 pour 100.

Affectée d'une correction de 25 pour 100 au lieu de 50 pour 100 comme l'indique Crova, la constante solaire 2,4 deviendrait

$$\frac{2,4 \times 0,50}{0,75} = 1,60,$$

valeur très voisine de celle calculée précédemment en partant de la température apparente du Soleil et du coefficient σ corrigé.

Il semble donc qu'on s'est trop exagéré l'importance du terme correctif relatif à l'absorption; cette dernière, due en grande partie à la vapeur d'eau, ne doit pas être très grande, puisqu'elle produit son minimum d'effet dans la partie *lumineuse* du spectre, qui est précisément la région du maximum de l'énergie solaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une définition du nombre de dimensions d'un ensemble abstrait.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Appell.

On sait quel progrès important a été marqué en Mathématique par l'introduction de la notion de puissance. Mais, comme l'a remarqué récemment M. Borel, les seuls types de puissances dont la considération ait une utilité dans les applications sont ceux des suites dénombrables et du continu linéaire. Cela tient à ce que la comparaison entre deux ensembles établie uniquement au point de vue de la puissance fait intervenir leurs éléments sans se préoccuper de leurs relations réciproques.

On peut obtenir une comparaison moins générale, mais aussi moins grossière quand on tient compte de la continuité.

Il faut alors supposer que les ensembles comparés E_1, E_2 fassent chacun partie de ce que j'ai appelé dans ma Thèse (1) *une classe* (L), c'est-à-dire une collection d'éléments où l'on a donné une définition précise, mais quelconque de la limite d'une suite (2).

---

(1) M. Fréchet, *Sur quelques points du Calcul fonctionnel* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, 1906).

(2) Je suppose seulement qu'une suite d'éléments identiques à A converge vers A et que toute suite extraite d'une suite qui converge vers A, converge aussi vers A.

Dans ces conditions, je dirai que E_1 est de dimension supérieure ou égale à celle de E_2 et j'écrirai $dE_1 \geqq dE_2$, s'il est possible d'établir entre une *projection* de E_2 sur E_1 ou sur une partie K de E_1, c'est-à-dire une correspondance biunivoque de E_2 et de K telle que si une suite d'éléments de E_2 converge vers un élément de E_2, la suite correspondante d'éléments de K converge vers l'élément correspondant de K et réciproquement (¹).

Si $dE_1 \geqq dE_2$ et si $dE_2 \geqq dE_1$, nous dirons que E_1 et E_2 ont même dimension : $dE_1 = dE_2$. Si $dE_1 \geqq dE_2$ et si l'on n'a pas $dE_2 \geqq dE_1$, c'est-à-dire si E_1 ne peut être projeté sur aucune partie de E_2, nous dirons que E_1 est de dimension supérieure à E_2 et nous écrirons $dE_1 > dE_2$.

On peut aussi définir la somme des dimensions de deux ensembles E_1, E_2. Ce sera la dimension d'un ensemble $[[E_1, E_2]]$ dont chaque élément est un couple (A, B) d'éléments, l'un A de E_1, l'autre B de E_2, et où une suite d'éléments (A_n, B_n) converge vers (A, B), si A_n converge vers A en même temps que B_n converge vers B. On voit immédiatement qu'on a

$$dE_1 + dE_2 \geqq dE_1 \quad \text{et} \quad dE_1 + dE_2 \geqq dE_2.$$

L'origine et la justification de nos définitions réside dans un théorème de M. Baire qui permet d'affirmer, en le traduisant au moyen des définitions actuelles, que l'espace géométrique R_{n+p} à $n+p$ coordonnées est de dimension supérieure (et non pas égale) à l'espace géométrique R_p à p coordonnées. On voit d'ailleurs immédiatement que si l'on prend la dimension du continu linéaire pour unité, notre définition de la somme conduira à dire, conformément aux dénominations habituelles, que l'espace R_p est à p dimensions.

Si nos définitions ne s'appliquaient qu'à ces espaces R_p, elles ne serviraient qu'à augmenter le vocabulaire mathématique. Je crois qu'elles peuvent, cependant, contribuer à dégager une notion nouvelle, si on les applique systématiquement.

Il est d'abord évident que la notion de dimension n'a pas d'intérêt pour des ensembles isolés.

Si l'on néglige ceux-ci, il est facile de voir que les ensembles ayant le type de dimension le plus petit sont ceux qui sont uniquement constitués chacun par une suite dénombrable convergeant vers l'un de ses éléments. A partir de là, il est facile de former une première échelle de types de dimension de plus en plus grands, ces types tous distincts en infinité non

(¹) On voit facilement par exemple que $dE_1 \geqq dE_2$ et $dE_2 \geqq dE_3$ entraînent $dE_1 > dE_3$.

dénombrable et tous inférieurs à 1. Parmi eux se place le type de dimension de la classe que M. Baire a appelé *espace à zéro dimension*. On peut le définir simplement comme la dimension de l'ensemble G des nombres irrationnels. Dans notre terminologie, il y aurait une infinité de types de dimensions inférieurs à G. Mais le type de dimension de G jouit encore d'une propriété remarquable en ce sens que *c'est le plus grand des types* <1. D'ailleurs, on peut poursuivre; non seulement on trouve ensuite les types de dimensions des espaces R_1, R_2, ..., R_n, ... à 1, 2, ..., n, ... coordonnées, mais on peut intercaler entre ceux-ci d'autres types de dimensions.

Enfin (et c'est là surtout que ces nouvelles notions pourront se montrer utiles), on trouve encore parmi les classes qui font l'objet du calcul fonctionnel de nouveaux types de dimensions supérieurs à tout nombre fini, par exemple la classe des fonctions continues ou l'espace à une infinité de coordonnées dont M. Hilbert a signalé récemment l'importance pratique.

On peut en particulier définir un type de dimension supérieur à ceux de toutes les classes que j'ai appelées dans ma Thèse *classes* (E) *normales*, classes qui renferment entre autres la classe des fonctions continues, l'espace à une infinité de coordonnées (soit avec la définition de la limite adoptée dans ma Thèse, soit avec celle de M. Hilbert), etc. Je développerai prochainement ailleurs toutes ces considérations, qui sont peut-être intéressantes dans la théorie des ensembles, mais qui sont essentielles dans le Calcul fonctionnel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions analytiques uniformes qui restent continues sur un ensemble parfait discontinu de singularités*. Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Painlevé.

On a très longtemps considéré comme vraisemblable le théorème suivant : *Une fonction uniforme qui possède des points singuliers formant un ensemble discontinu ne peut rester continue dans ce domaine*. Plusieurs démonstrations, dont aucune cependant n'échappait à des objections diverses, furent tentées. M'étant demandé si les difficultés rencontrées et non surmontées ne tenaient pas à l'inexactitude du théorème, j'ai été conduit à construire des fonctions qui le mettent effectivement en défaut. Mais j'ai constaté récemment que l'exemple le plus simple avait été cité par M. Pompéiu (Thèse, Paris, 31 mars 1905). Toutefois, comme la fonction de M. Pompéiu a été considérée souvent comme non concluante, notamment parce qu'elle pourrait être identiquement nulle, il ne me paraît pas

inutile d'indiquer en quoi cette fonction est un exemple probant, ce que M. Pompéiu a négligé de faire.

Soit E l'ensemble des points $\alpha + i\beta$, chacun des nombres réels α et β prenant des valeurs formant deux ensembles parfaits discontinus e et e'. On montre aisément que l'aire de E est égale au produit des longueurs des projections e et e' de E sur les axes. Il est possible de construire l'ensemble e des points α de façon que la longueur de la partie de e intérieure à un intervalle ayant pour milieu un quelconque de ses points ne soit pas nulle. Soit u_n le terme général d'une série à termes positifs dont la somme est λ. Il est possible de placer sur un segment de longueur $l > \lambda$ des segments égaux aux nombres de la suite u_n et qui soient les intervalles contigus d'un ensemble parfait discontinu dont la longueur ne soit nulle dans aucun intervalle contenant une infinité de ses points. (Pour la construction, on commence par fixer l'ordre mutuel des u_n en les faisant correspondre aux points d'un ensemble dénombrable dense). Si cet ensemble est pris pour e, si e' est construit d'une façon analogue, l'aire de E ne sera nulle à l'intérieur d'aucun cercle ayant pour centre un point de E.

Cela étant, soit

$$F(x) = \int\int_E \frac{dS}{z - x} \qquad \text{avec} \qquad z = \xi + i\eta, \qquad dS = d\xi\, d\eta,$$

l'intégrale double étant étendue au sens de M. Lebesgue aux points z de l'ensemble E.

1° En chaque point x du plan l'intégrale nous donne une valeur finie, unique pour $F(x)$; 2° Dans un domaine fermé auquel tous les points de E sont extérieurs, $F(x)$ est une fonction analytique holomorphe, ayant pour dérivée en chaque point $\int\int_E \frac{dS}{(z - x)^2}$.

3° Deux points quelconques x et x' n'appartenant pas à l'ensemble pouvant être placés à l'intérieur d'un domaine de l'espèce précédente, la fonction $F(x)$ est dans tout le plan (les points de E exceptés) une même fonction analytique uniforme.

4° On a, quels que soient x et x',

$$|F(x) - F(x')| < k\,|x - x'|\,L\frac{1}{|x - x'|},$$

k étant une constante indépendante de x et de x'. Donc, $F(x)$ considérée comme une fonction de deux variables ξ' et η' $(x = \xi' + i\eta')$ est continue dans tout le plan.

5° Quand x croît indéfiniment, $-xF(x)$ tend vers $\int\int_E dS$ qui est l'aire (non nulle) de E. Donc, $F(x)$ n'est pas identiquement nulle.

6° $F(x)$ n'est pas holomorphe dans tout le plan. Sinon, étant nulle à l'infini, elle serait partout nulle. Elle possède donc au moins un point singulier qui est certainement sur E, puisque $F(x)$ est holomorphe hors de E.

7° Tous les points de E sont singuliers. Car ils sont limites de points singuliers. En effet, soit M un point de E. A l'intérieur de tout cercle Γ ayant pour centre M, je peux trouver un contour γ auquel M est intérieur et ne passant par aucun point de E (discontinuité de E). La partie E_1 de E intérieure à γ n'a pas une aire nulle. Soit

$$E = E_1 + E_2.$$

On a

$$F(x) = \iint_{E_1} \frac{dS}{z - x} + \iint_{E_2} \frac{dS}{z - x} = F_1 + F_2.$$

$F_2(x)$ est holomorphe dans γ puisque E_2 n'y a pas de points, F_1 pour les raisons indiquées n'est pas identiquement nul dans tout le plan et possède certainement un point singulier sur E_1. Donc, $F = F_1 + F_2$ possède un point singulier sur E_1 donc dans Γ. Donc, tous les points M de E sont limites de points singuliers. Ils sont donc tous singuliers.

En résumé, la fonction uniforme $F(x)$ est holomorphe en dehors d'un ensemble parfait partout discontinu de points singuliers, et elle est continue dans tout le plan.

Observations au sujet de la Communication précédente, par M. **Painlevé**.

L'exemple de la Note précédente offre un type extrêmement remarquable de singularités des fonctions analytiques. On sait qu'une des découvertes les plus surprenantes de G. Cantor, c'est l'existence d'*ensembles parfaits partout discontinus* (ensembles qui renferment tous leurs points-limites, dont aucun point n'est isolé, et qui pourtant ne sont *denses* nulle part, c'est-à-dire ne forment nulle part ni lignes ni aires). M. H. Poincaré montrait bientôt que certaines fonctions fuchsiennes (celles dont le cercle fondamental n'est pas une coupure) présentent précisément un tel ensemble de points singuliers. Au voisinage d'un de ces points, la fonction fuchsienne est *complètement indéterminée*, mais le nombre des valeurs *exceptionnelles* (valeurs que la fonction n'atteint jamais) peut être quelconque.

La question suivante se posait désormais : *Une fonction uniforme* $F(x)$, *dont les singularités forment un ensemble parfait partout discontinu, soit* E, *est-elle toujours indéterminée (soit complètement, soit incomplètement) au*

voisinage de ses points singuliers? Ou bien, au contraire, peut-elle être continue partout, sa dérivée seule cessant d'exister en des points de E?

En posant cette question, il y a bien des années, j'avais distingué les ensembles E en plusieurs classes :

1° Ensembles E qui peuvent être enfermés dans des aires dont la somme des contours est aussi petite qu'on veut;

2° Ensembles E qui peuvent être enfermés dans des aires dont la somme est aussi petite qu'on veut, et dont le contour total reste inférieur à une longueur donnée;

3° Ensembles E qui peuvent être enfermés dans des aires dont la somme est aussi petite qu'on veut, mais dont le contour total dépasse toute limite;

4° Ensembles E qui ne peuvent être enfermés dans des aires dont la somme soit inférieure à une certaine aire (non nulle).

Dans les cas 1° et 2°, il résultait aussitôt de l'intégrale de Cauchy que la fonction $F(x)$ est indéterminée au voisinage d'un point singulier, complètement dans le cas 1°, *peut-être* incomplètement dans le cas 2°. L'exemple de M. Pompéiu, précisé par M. Denjoy, montre d'une façon indiscutable que *dans le cas* 4° *la fonction* $F(x)$ *peut être partout continue*. Le cas 3° reste seul en suspens.

Il convient de signaler le rôle joué, dans ce résultat, par l'extension, due à M. Lebesgue, de l'intégrale définie. Grâce à cette opération [1], que nombre de géomètres jugeaient artificielle et trop abstraite, une question naturelle, une question fondamentale qui restait indécise à l'entrée de la théorie des fonctions uniformes, est aujourd'hui tranchée, et tranchée précisément dans le sens qui semblait le moins vraisemblable à la plupart des analystes. Bien des questions intéressantes restent à résoudre au sujet de ces mêmes ensembles de singularités. L'intégration de M. Lebesgue pourra contribuer là encore à la formation d'exemples décisifs.

MÉCANIQUE. — *Sur le mouvement d'un disque dans un fluide.* Note de **M. A. de Gramont de Guiche**, présentée par M. Émile Picard.

La résistance des fluides a été généralement étudiée sur des corps à qui on imposait un mouvement déterminé au moyen de manège tournant, de

(1) Cette opération a déjà montré son utilité dans les problèmes analogues au problème de Dirichlet.

rail, ou par une chute le long d'un câble, et l'on enregistrait l'action de l'air (pression, centre de poussée, etc.), sur des corps maintenus dans une position déterminée, sur cette trajectoire imposée.

J'ai essayé, au contraire, d'étudier les lois de l'aérodynamique en lançant dans un milieu calme des corps entièrement libres, et en enregistrant leur trajectoire. La modification apportée par le milieu à la trajectoire telle qu'elle serait dans le vide permet de déterminer l'action totale de ce milieu.

J'ai commencé cette étude par des disques. Un appareil, spécialement construit à cet effet, dont le principe m'a été indiqué par M. Carlo Bourlet, et trop compliqué pour être décrit ici, permet de lancer des corps dans une direction arbitraire en faisant varier la vitesse de leur centre de gravité et leur vitesse de rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan de départ, cette dernière pouvant être nulle.

On peut modifier ces deux vitesses, indépendamment l'une de l'autre, et répéter des lancements identiques entre eux aussi souvent qu'on le désire. Les expériences ont eu lieu d'ailleurs en air parfaitement calme, dans le hall de mon laboratoire.

Pour enregistrer la trajectoire des projectiles, j'utilise la méthode suivante : Le disque perce un écran dont le plan est perpendiculaire à la tangente au départ à la trajectoire du centre de gravité du projectile.

L'expérience est répétée plusieurs fois sans déplacer l'écran, puis pour des positions successives équidistantes, par exemple de mètre en mètre. Chaque position de l'écran fournit ainsi un point de la courbe.

Par suite de leur gyration, les disques restent parfaitement horizontaux pendant leur déplacement. Comme d'ailleurs ils sont très minces, et que la durée d'une expérience n'excède pas 1 à 2 secondes, la composante horizontale de la vitesse reste sensiblement constante; il suffit donc de mesurer avec précision la vitesse initiale.

On a ainsi tous les éléments définissant le mouvement du disque, ce qui permet évidemment de connaître à chaque instant la résultante des actions du milieu résistant sur lui.

Les premières expériences que j'ai faites par ce procédé m'ont déjà donné des résultats qui me paraissent susceptibles de présenter un certain intérêt.

On sait que si l'on désigne par P_{90} la poussée de l'air sur un plan dont la vitesse du centre de gravité fait avec lui un angle de 90° et par P_α la poussée normale produite dans les mêmes conditions et avec la même vitesse du centre de gravité, lorsque cette vitesse fait avec le plan mobile un angle α, le rapport $\frac{P_\alpha}{P_{90}}$ qui est évidemment une fonction de α, a été représenté par diverses formules, entre lesquelles il serait utile de pou-

voir choisir. Les anciens auteurs admettaient qu'on avait

$$(1) \qquad \frac{P_\alpha}{P_{90}} = \sin^2\alpha;$$

ce qui revenait à supposer que la pression est la même que si α était égal à 90°, mais que la vitesse soit réduite à sa composante normale.

Plus récemment, on a proposé

$$(2) \qquad \frac{P_\alpha}{P_{90}} = \sin\alpha.$$

Et dernièrement, M. Eiffel, pour interpréter ses belles expériences, a adopté

$$\frac{P_\alpha}{P_{90}} = \frac{\alpha}{90},$$

équivalente à la précédente pour les valeurs extrêmes de α. Enfin, Duchemin a proposé la formule

$$(3) \qquad \frac{P_\alpha}{P_{90}} = \frac{2\sin\alpha}{1+\sin^2\alpha},$$

qui fournit des résultats en accord avec les fameuses expériences de Langley, pour des valeurs de α supérieures à 15°.

Les formules précédentes ne donnent pas des résultats très différents pour α voisin de 90°, mais elles sont profondément discordantes pour de petits angles, et ce sont justement ceux-ci qui sont actuellement le plus intéressants. Le procédé décrit plus haut me permet de faire des observations sur des valeurs petites de α, ce qui est très difficile avec les méthodes antérieures.

La trajectoire décrite par le centre de gravité d'un disque se compose d'une courbe, située sensiblement dans un plan vertical de forme d'abord parabolique, et qui rapidement devient rectiligne ([1]).

A ce moment, le mouvement du centre de gravité du disque est uniforme et, comme il reste horizontal, l'angle α est constant. Il y a donc équilibre entre la résultante des actions de l'air sur le disque et son poids p.

Si donc on désigne par V la vitesse du centre de gravité, par S la surface

([1]) Du fait de leur rapide rotation sur eux-mêmes, il semble que ces disques soient déviés, la projection horizontale de leur trajectoire semble ne pas être exactement une droite. Nous nous proposons d'étudier ce phénomène dans une Note ultérieure.

du disque, les trois formules précédentes nous donnent

(1) $$p = K_1 S V^2 \sin^2\alpha,$$

(2) $$p = K_2 S V^2 \sin\alpha,$$

(3) $$p = K_3 S V^2 \frac{2\sin\alpha}{1+\sin^2\alpha},$$

K_1, K_2, K_3 étant des coefficients qui, si les formules sont acceptables, doivent avoir la même valeur que celle obtenue avec $\alpha = 90°$.

En réalité, nous ne mesurons pas V, mais sa projection horizontale p et la pente h, de sorte que

$$V = v\sqrt{1+h^2} \qquad \text{et} \qquad \tang\alpha = h.$$

Voici, à titre d'exemple, les résultats numériques d'une série d'expériences :

Vitesse horizontale................	$v = 11^{m},60$ à la seconde
Vitesse de rotation des disques......	123 tours »
Surface des disques...............	$S = 0^{m^2},00497$ »

Nous désignerons les disques ayant respectivement les épaisseurs de $0^{mm},6$, $0^{mm},4$, $0^{mm},3$ sous les numéros 1, 2 et 3.

Les résultats des mesures et calculs sont indiqués dans le Tableau suivant :

Numéros des disques.	p.	h.	α.	K_1.	K_2.	K_3.
	kg	m	° ′			
1......	0,0227	0,175	9.55	1,11	0,19	0,097
2......	0,0144	0,135	7.41	1,18	0,16	0,081
3......	0,0110	0,115	6.33	1,24	0,14	0,072

En examinant ces résultats, on voit que seule la formule de Duchemin donne des valeurs de K comparables à celles qui ont été trouvées depuis Poncelet jusqu'à M. Eiffel (de 0,06 à 0,08). Il semble donc que la seule formule acceptable est celle de Duchemin. Il est vrai que les valeurs de K que nous trouvons en ne faisant varier que l'angle sont encore assez différentes pour nous faire supposer qu'on pourrait corriger cette formule.

Actuellement, je ne considère ces expériences que comme qualitatives, plutôt que quantitatives; je m'efforce, en effet : 1° d'étudier l'influence de la rotation des disques sur la grandeur de la poussée de l'air, pour savoir dans quelles conditions mes expériences peuvent être comparées aux résultats obtenus avec des plans animés d'un mouvement de translation; 2° d'employer, à titre de contrôle, une méthode de mesure chronophotographique.

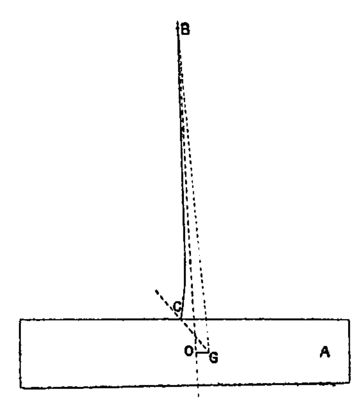
MÉCANIQUE. — *Emploi de la balance de torsion comme sismographe.* Note de M. V. **Crémieu**, présentée par M. E. Bouty.

Les sismographes actuellement en usage sont ou bien du type pendule vertical, c'est-à-dire très encombrant, ou bien du type Milne (pendule horizontal) ou du type Wiechert (masse en équilibre instable), et constituent alors des appareils d'un réglage très délicat.

Le but de la présente Note est de signaler une propriété de la balance de torsion qui permettra de substituer l'usage très simple et très maniable de cet appareil à celui des sismographes actuels.

Considérons un corps ayant la forme d'un solide de révolution, tel par exemple qu'un cylindre A (*fig.* 1) supporté par un fil métallique BC auquel il est relié par une pince de serrage, ou tel autre mode d'insertion rigide.

L'appareil, ainsi constitué, peut osciller pendulairement autour d'axes horizontaux passant par B, et azimutalement autour d'un axe vertical passant par B.



Si le centre de gravité G du cylindre et le point d'insertion C du fil se trouvent sur l'axe du cylindre, G viendra exactement dans la verticale du point B; le fil BC sera vertical et coïncidera avec l'axe des oscillations azimutales. Dans ce cas, il y aura indépendance complète des oscillations pendulaires et azimutales que peut prendre le système.

Mais si G se trouve en dehors de l'axe du cylindre, le point d'insertion C demeurant sur cet axe, cette indépendance n'existera plus.

En effet, G tend à occuper le point le plus bas possible et fléchit par suite le fil BC dans un certain plan BCG. La verticale BO se trouve comprise dans l'angle BCG; le fil n'est plus rectiligne; le système prend une position d'équilibre telle qu'on ait

$$m = Pgl \sin \alpha,$$

α désignant l'angle OBG, m le moment de flexion du fil et l la distance BG. D'ailleurs α est fonction de m et, par suite, du module d'Young E relatif au fil, de la longueur λ de ce fil et de la distance GO qui sépare G de l'axe du cylindre.

L'étude analytique du mouvement du système devient extrêmement complexe. Mais on peut voir que tout mouvement pendulaire du centre de gravité G autour d'axes autres que celui normal en B au plan BCG entraînera une rotation de G autour de la droite BC. Le moment W_1 du couple ainsi mis en jeu sera, pour un écart pendulaire d'amplitude β,

$$W_1 = Pgl \sin\alpha \sin\beta \sin\omega, \tag{1}$$

ω désignant l'angle du plan de l'axe du mouvement pendulaire avec la normale au plan de flexion BCG.

On voit que la valeur de W_1 est proportionnelle au poids P du cylindre. Or, on sait que des fils très fins peuvent supporter des poids élevés. Par exemple, avec des rubans d'acier n'excédant pas 1^m de longueur, on peut arriver à un rapport de la force portante au couple de torsion qui est de l'ordre de 10^6. Il en résulte que, si petits que soient les angles α et β, W_1 aura des valeurs du même ordre de grandeur que le couple de torsion W du fil. *Par suite, on observera des variations azimutales considérables dans des conditions où les variations pendulaires ne sont pas perceptibles.*

C'est au cours d'expériences de gravitation poursuivies de novembre 1908 à janvier 1909, dans une région sismiquement très stable en temps ordinaire [1], que j'ai été amené à trouver ce qui précède. J'observais en effet des oscillations azimutales de très grande amplitude, coïncidant avec les macroséismes de Messine, et aussi, probablement, avec des pulsations de l'écorce terrestre qu'un sismographe sensible usuel ne dénotait pas.

Les expériences, faites au début avec une balance de Cavendish, ont porté ensuite sur les mouvements d'un cylindre de plomb qu'on observait par la méthode de Pogendorff, sur une échelle placée à 6^m de distance. Les constantes de l'appareil étaient :

P............................	7000^g
l............................	82^{cm}
α............................	10 min.
W............................	100 ergs

En supposant $\omega = 10^\circ$, la formule (1) donne, pour β égal à 1 seconde, une valeur de W_1 égale à 1,4 erg. C'est-à-dire qu'une variation de la ver-

[1] Le laboratoire est situé dans une ferme isolée des Cévennes méridionales, Les Ombriès, près Le Poujol (Hérault).

ticale de 1 seconde aurait provoqué un changement de 48 minutes dans la position d'équilibre azimutal de l'appareil. En fait, j'observais des oscillations azimutales continuelles, d'amplitude variant de 40^{mm} à 600^{mm} de l'échelle, et accompagnées de changements de zéro de 10^{mm} à 15^{mm} pour des périodes d'environ 24 heures; la période propre du cylindre était de 2 minutes 50 secondes.

Conséquences. — En premier lieu, il résulte de ce qui précède qu'il faut prendre des précautions toutes spéciales pour assurer la coïncidence parfaite du centre de gravité et de l'axe géométrique des appareils de torsion employés pour les mesures délicates. En fait, les constructeurs arrivent mécaniquement à une grande précision de forme; mais ils ne sont que très relativement maîtres de l'homogénéité de densité des métaux qu'ils emploient. Il s'ensuit que la distance GO n'est jamais rigoureusement nulle, et le seul moyen d'obtenir la précision théorique semble être d'intercaler des suspensions de Cardan aux deux extrémités du fil de suspension.

En second lieu, cette propriété de la balance de torsion servira de principe à la construction d'un appareil qui constituera un sismographe et un indicateur d'horizontale plus sensible, plus précis et moins encombrant que ceux usités jusqu'à ce jour.

Soient en effet deux cylindres, de poids sensiblement égaux et suspendus à un même bâti; le premier sera supporté par un monofilaire de section telle qu'il soit voisin de sa charge élastique; le second sera supporté coaxialement au premier par un trifilaire. Les deux cylindres seront réglés de façon à avoir même moment d'inertie par rapport aux points d'attaches supérieurs de leurs suspensions; et leurs oscillations azimutales seront rendues apériodiques par un dispositif approprié.

On conçoit aisément que si l'on repère au repos, sur une surface horizontale étalon, la position d'équilibre azimutal relative des deux cylindres, l'observation directe ou l'enregistrement continu de leurs positions azimutales relatives successives donnent des indications directes sur les changements permanents ou les variations continues de la verticale.

MÉCANIQUE. — *Enregistrement photographique des trajectoires browniennes dans les gaz.* Note de M. DE BROGLIE, présentée par M. E. Bouty.

Nous avons parlé dans une Note précédente [1] de l'observation ultramicroscopique des particules en suspension dans un gaz; nous nous

---

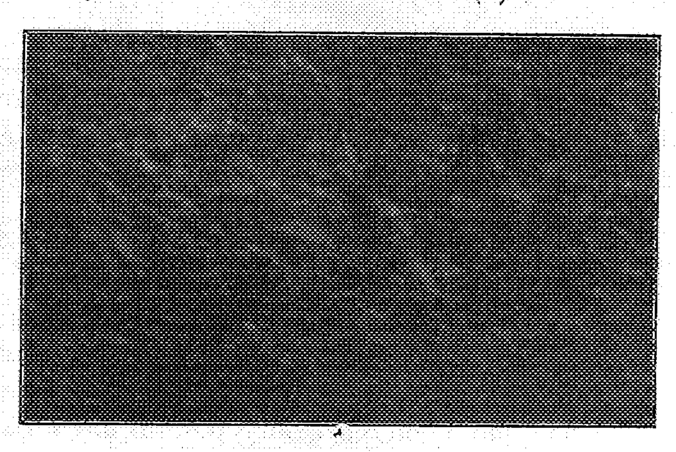
[1] *Comptes rendus*, 1908, 1er semestre, p. 1010.

sommes proposé depuis de réaliser un moyen d'étudier les vifs mouvements browniens que présentent ces particules.

Un microscope muni d'une chambre photographique est mis au point sur la suspension gazeuse éclairée latéralement par le faisceau concentré d'une lampe à arc et forme sur la plaque une image grossie environ 40 fois en diamètre; à partir d'une certaine grosseur des particules, la lumière qu'elles diffusent dans la direction de l'axe du microscope devient suffisante pour impressionner des émulsions très sensibles (¹), malgré la rapidité du mouvement.

Avec une pose de 3 à 4 secondes, les trajectoires se présentent sous la forme de lignes déliées et sinueuses montrant une impression plus intense là où le mouvement brownien s'est ralenti ou a changé de sens.

La figure est la reproduction agrandie d'un cliché relatif à des particules dont le rayon moyen vaut 5×10^{-6} centimètre (²).



Si, comme dans la figure ci-jointe, il existe un mouvement d'ensemble, la moyenne des projections des trajectoires sur un axe quelconque fournit sa composante suivant cet axe et l'on peut, en la retranchant de chaque projection particulière, obtenir la composante due au mouvement brownien seul. Les résultats qui se déduisent de ces mesures, en les combinant avec les mesures des coefficients de diffusion et des mobilités dans un champ électrostatique, que la même méthode d'observation permet d'atteindre, feront l'objet d'une prochaine Note; on peut en effet compter directement les particules et mesurer leur mobilité dans le champ même du microscope.

(¹) Lumière, étiquette violette.

(²) Calculé d'après la formule d'Einstein.

HYDRAULIQUE. — *Lois des pentes de l'eau dans un canal à largeur constante et à profondeur sensiblement constante réunissant une mer à marée et une mer sans marée ayant même niveau moyen. Détermination pour chaque point du canal : 1° de la limite du courant maximum; 2° de l'heure à laquelle le courant maximum se produit.* Note de M. **Philippe Bunau-Varilla**, présentée par M. P. Painlevé.

Définitions. — Prenons comme origine du canal son débouché dans la mer à marée et comme origine des temps la basse mer à cet endroit. Appelons Y la valeur absolue de la demi-amplitude de la marée à l'origine; t le temps lunaire exprimé en arc trigonométrique, en admettant que 24^h se mesurent par 2π et que temps lunaire $\times$ 1,03268 = temps solaire; x la distance en mètres de l'origine à un point donné du canal; y la cote de la surface de l'eau au même point par rapport au niveau moyen; i la pente en ce point; H la profondeur moyenne du canal au-dessous du niveau moyen; R le quotient de la section liquide du canal par le périmètre mouillé; ω la vitesse en mètres de l'onde marée par seconde solaire en admettant

$$\omega = \sqrt{gH};$$

θ l'espace de temps lunaire, exprimé en arc, que l'onde marée met à parcourir 1^m dans le canal. Dans le cours de cette Note, le mot *temps* signifie *l'arc trigonométrique qui mesure le temps.*

Origine et objet de la Note. — Un Rapport à l'Académie des Sciences, du 31 mai 1887, fourni par une Commission dont le rapporteur était M. Bouquet de la Grye, a déterminé le maximum approché des courants de marée appelés à se produire dans un canal à Panama, long de 72^{km}, large de 21^m au plafond, profond de $11^m,50$ à Panama et de 9^m à Colon, ayant des talus à 45°. La méthode employée consiste dans le calcul de l'altitude des points du profil instantané de la surface, de 9^{km} en 9^{km}, et cela de demi-heure en demi-heure. On prend pour pente approchée en un de ces points au moment considéré la moyenne des pentes des cordes le joignant aux deux points voisins. Les vitesses sont déduites de la formule

$$V = 56,86\sqrt{Ri} - 0,07.$$

Il a paru intéressant de rechercher des formules et des lois générales pour un canal de longueur, largeur et profondeur quelconques.

Première loi. — En chaque point du canal, la pente des eaux à haute ou à

basse mer en ce point est la même et égale à la pente uniforme des eaux d'une rivière ayant même longueur que le canal et une chute totale égale à la demi-amplitude de la marée à l'origine.

Deuxième loi. — En chaque point du canal, la pente maximum se produit entre mi-marée et haute ou basse mer suivante en ce point, et l'instant de ce maximum est déterminé comme suit : Le double du temps que met l'onde marée à parcourir la distance entre le point considéré et l'extrémité du canal exprime la tangente trigonométrique du double du temps existant entre l'instant du maximum et celui de haute ou basse mer en ce point.

Troisième loi. — En chaque point du canal, la valeur absolue du maximum de pente est égale à la pente à haute mer divisée par le cosinus du double du temps qui s'écoule entre le maximum de pente et la haute mer en ce point.

Quatrième loi. — Le point d'inflexion dans le profil instantané de l'eau, ou autrement dit le maximum de pente dans ce profil, a lieu, pour le point où il se trouve à un moment donné, entre l'instant du maximum des pentes en ce point et la haute ou basse mer en ce point.

La tangente du double du temps écoulé entre l'instant où se produit en un point donné le point d'inflexion dans le profil et l'instant de haute ou basse mer en ce point est égale à la moitié de la tangente du double du temps écoulé entre l'instant du maximum des pentes en ce point et l'instant de haute ou basse mer en ce point.

Cinquième loi. — Le renversement des courants en un point donné se produit entre basse ou haute mer en ce point et mi-marée suivante.

La tangente du double du temps écoulé entre basse ou haute mer au point donné et le renversement des courants au même point est égale à la cotangente du double du temps écoulé entre l'instant du maximum des pentes en ce point et l'instant de haute ou basse mer en ce point.

Principes des lois. — L'étude des marées dans le canal entre Suez, mer à marée, et les Lacs Amers, mer intérieure à niveau fixe, a établi : 1° qu'en chaque point il se produit une marée, en retard sur celle de Suez du temps de la propagation de l'onde marée; 2° que l'amplitude des marées décroît proportionnellement jusqu'à o entre Suez et les Lacs Amers.

Il en résulte que l'équation du profil instantané de l'eau est

$$y = -\frac{Y}{l}(l-x)\cos 2(t-\theta x),$$

dont l'étude donne la formule de la pente

$$i = \frac{Y}{l}\cos 2(t - \theta x) - 2\frac{Y\theta}{l}(l - x)\sin 2(t - \theta x),$$

et celles des lois

$$\tang 2(t - \theta x) = -2\theta(l - x)\ 2^{e}\ \text{loi} - \text{max.}\ I = \pm\frac{Y}{l\cos 2(t - \theta x)}\ 3^{e}\ \text{loi}.$$

Détermination des limites des maximums de courants. — La vitesse du courant d'une rivière en mouvement permanent est exprimée, aux constantes près, par la racine carrée de Ri.

Si la pente des eaux d'une rivière est croissante, il est clair que la vitesse réelle sera toujours inférieure à la vitesse calculée par la formule du mouvement permanent et que l'écart sera d'autant plus grand que l'accroissement de pente est plus rapide. Par suite, lorsque la pente passera par un maximum, l'écart entre la vitesse réelle et la vitesse calculée tendra à s'annuler. En calculant donc par l'une des deux formules précédentes la vitesse des courants, on aura non pas les vitesses réelles, mais des vitesses qui seront toujours et parfois considérablement plus grandes. Les vitesses calculées pour les pentes maxima seront des limites supérieures aux vitesses réelles.

Canal de Suez. — Le rapport du 31 mai 1887 reproduit les constatations faites entre Suez et un point voisin des Lacs Amers, à $20^{km},600$ de Suez. La durée mesurée de la propagation de l'onde est de 36 minutes. Les formules de cette Note donnent 37 minutes, 4 secondes. La vitesse à l'origine mesurée à la surface est $0^{m},85$, ce qui correspond à une vitesse moyenne pour la section considérée de $0^{m},68$ ($V^{m} = 0,80\ V^{s}$). La limite supérieure aux maxima de vitesse calculée par la formule de cette Note est $0^{m},694$; elle a lieu à Suez 37 minutes 27 secondes avant haute mer, et la vitesse calculée à haute mer à Suez est $0^{m},6739$. L'expérience confirme donc parfaitement la théorie. Au point, près des lacs, le chiffre mesuré est notablement inférieur au chiffre calculé (V^{m} mesurée 0,32; V^{m} calculée 0,65). Cela s'explique par l'obstacle que la densité des eaux sursalées des lacs crée à l'écoulement des eaux de la mer.

Canal de Panama. — Le chiffre le plus élevé dans le Tableau des vitesses, de 9^{km} en 9^{km}, produit dans le rapport du 31 mai 1887, est $1^{m},17$. Il correspond au point à 9^{km} de Panama et à 1 heure avant haute mer pour la marée exceptionnelle ayant 3,38 de demi-amplitude. Les formules de cette Note donnent pour le même point et la même heure un chiffre légèrement plus élevé comme on devait s'y attendre, soit $1^{m},189$. Elles montrent aussi que le véritable maximum est $1^{m},247$. Il a lieu à l'origine, à Panama, 1 heure 30 minutes 38 secondes avant haute mer. C'est un courant de 2,42 nœuds.

Détroit de Panama. — En appliquant pour la même marée exceptionnelle les formules de la Note au type de canal dit *Détroit de Panama*, large de $152^{m},50$ au fond, ayant $16^{m},775$ de profondeur à Panama, $13^{m},725$ à Colon

et des parois à 45°, on trouve pour le maximum maximorum de vitesse $1^{m},7097$, soit 3,32 nœuds. Il a lieu à Panama 1 heure 19 minutes 19 secondes avant haute mer. La limite de vitesse à Colon est $1^{m},275$; soit 2,48 nœuds.

En passant du type *canal étroit* au type *Détroit de Panama*, en augmentant de près de 8 fois (exactement 7,983) la section moyenne, les maxima des courants de marée n'augmentent pas d'un nœud, alors que les courants des eaux fluviales sont réduits à $\frac{1}{8}$ de leur valeur et deviennent insignifiants. C'est la justification de la grande section proposée en dehors de la facilité donnée au libre passage des plus grands navires. En employant pour le calcul des vitesses la formule de Tadini $50\sqrt{Ri}$ au lieu de $56,86\sqrt{Ri} - 0,07$, on aurait pour le détroit de Panama comme limite maximum de vitesse 3,042 nœuds à Panama et 2,30 nœuds à Colon.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de l'armille avec deux ruptures.* Note [1] de M. H. LAROSE, présentée par M. C. Jordan.

L'armille de longueur 2 est à l'état neutre au temps $t = 0$; il n'y a pas de perte par rayonnement extérieur; à partir de $t = 0$, nous maintenons en $v = 0$ la rupture $\left(+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right)$ pour $(+0, 2-0)$, et en $v = 1$ la rupture égale et opposée $\left(+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right)$ pour $(1-0, 1+0)$; l'état permanent résultant est la fonction $Q_1(v)$ impaire de période 2 égale à $+\frac{1}{2}$ dans l'intervalle $(0, 1)$ à $-\frac{1}{2}$ dans l'intervalle $(1, 2)$ et, d'après l'équation de Fourier, l'état variable sera représenté par la fonction impaire de v de période 2

$$\mathfrak{S}_2^{(1)} = Q_1 - 2\sum_{\nu=0}^{\infty} h^{\left(\nu+\frac{1}{2}\right)^2} \frac{\sin(2\nu+1)v\pi}{(2\nu+1)\pi} \qquad (h = e^{-4\pi^2 kt}).$$

Le flux de chaleur correspondant à la température $\mathfrak{S}_2^{(1)}$ est proportionnel à $\mathfrak{S}_2$, le problème actuel et celui d'une Note précédente [2] donnent une interprétation physique des quatre fonctions thêta, $\mathfrak{S}_0$ et $\mathfrak{S}_1$ se déduisant respectivement de $\mathfrak{S}_3$ et $-\mathfrak{S}_2$ en y remplaçant v par $v + \frac{1}{2}$.

---

[1] Présentée dans la séance du 26 avril 1909.

[2] *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 13 avril 1909.

Comme nous l'avons fait, à partir de $\mathfrak{S}_3^{(1)}$, construisons, à partir de $\mathfrak{S}_2^{(1)}$, une suite ascendante de fonctions : solutions de l'équation de Fourier, nulles pour $t=0$ quel que soit v et dont chacune est la dérivée de la suivante par rapport à v, ces fonctions auront la période 2 par rapport à v et la parité de leur indice supérieur

$$-\mathfrak{S}_2^{(2n)} = Q_{2n} + \ldots + \frac{Q_{2n-2p}}{p!}\left(\frac{\log_e \frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^p + \ldots + \frac{Q_2}{(n-1)!}\left(\frac{\log_e \frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^{n-1} + (-1)^{n+1} 2 \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{h^{\left(\nu+\frac{1}{2}\right)^2} \cos(2\nu+1)v\pi}{\pi^{2n}(2\nu+1)^{2n}}$$

$$= (-1)^{n+1} 2 \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\cos(2\nu+1)v\pi}{\pi^{2n}(2\nu+1)^{2n}} \left[h^{\left(\nu+\frac{1}{2}\right)^2} - \sum_{p=0}^{n-1} (-1)^p \frac{\pi^{2p}(2\nu+1)^{2p}}{p!}\left(\frac{\log_e \frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^p \right],$$

$$\mathfrak{S}_2^{(2n+1)} = Q_{2n+1} + \ldots + \frac{Q_{2n+1-2p}}{p!}\left(\frac{\log_e \frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^p + \ldots + \frac{Q_1}{n!}\left(\frac{\log_e \frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^n + (-1)^{n+1} 2 \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{h^{\left(\nu+\frac{1}{2}\right)^2} \sin(2\nu+1)v\pi}{\pi^{2n+1}(2\nu+1)^{2n+1}}$$

$$= \frac{Q_1}{n!}\left(\frac{\log_e \frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^n + (-1)^{n+1} 2 \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\sin(2\nu+1)v\pi}{\pi^{2n+1}(2\nu+1)^{2n+1}} \left[h^{\left(\nu+\frac{1}{2}\right)^2} - \sum_{p=0}^{n-1} (-1)^p \frac{\pi^{2p}(2\nu+1)^{2p}}{p!}\left(\frac{\log_e \frac{1}{h}}{4\pi^2}\right)^p \right]$$

avec

$$Q_0 = 0, \qquad Q_{2n} = (-1)^n 2 \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\cos(2\nu+1)v\pi}{\pi^{2n}(2\nu+1)^{2n}}, \qquad Q_{2n+1} = (-1)^n 2 \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\sin(2\nu+1)v\pi}{\pi^{2n+1}(2\nu+1)^{2n}};$$

et, pour $0 \leqq v \leqq 1$,

$$(2n)!\, Q_{2n} = \frac{2n}{2} v^{2n-1} - (2^2-1)\binom{2n}{2} B_1 v^{2n-2} + \ldots$$
$$+ (-1)^p (2^{2p}-1)\binom{2n}{2p} B_p v^{2n-2p} + \ldots + (-1)^n (2^{2n}-1) B_n,$$

$$(2n+1)!\, Q_{2n+1} = \frac{2n+1}{2} v^{2n} - (2^2-1)\binom{2n+1}{2} B_1 v^{2n-1} + \ldots$$
$$+ (-1)^p (2^{2p}-1)\binom{2n+1}{2p} B_p v^{2n+1-2p} + \ldots$$
$$+ (-1)^n (2^{2n}-1)(2n+1) B_n v,$$

les B étant les nombres de Bernoulli.

Les fonctions Q sont les fonctions d'Hermite, elles jouent vis-à-vis de la fonction $-\mathfrak{S}_2$ le rôle joué par les fonctions P de Bernoulli vis-à-vis de la fonction $\mathfrak{S}_3$; Hermite a montré (*Journal de Crelle*, t. 116), par le calcul des

résidus, que

$$\frac{e^{vz}}{e^z+1}=\sum_{\nu=0}^{\infty} Q_{\nu+1}(v)z^{\nu} \qquad (0\leqq v\leqq 1).$$

Si, dans $\mathfrak{S}_2^{n+1}$, nous remplaçons v par $\frac{x}{2l}$ et que nous fassions croître l indéfiniment, la valeur asymptotique de $(2l)^n\mathfrak{S}_2^{(n+1)}\left(\frac{x}{2l}\right)$ sera la même que celle de $(2l)^n\mathfrak{S}_3^{(n+1)}\left(\frac{x}{2l}\right)$.

$\mathfrak{S}_2^{(2n+1)}$ exprime la loi de diffusion sur l'armille de la rupture $\frac{t^n}{n!}$ (en prenant comme unité de temps la constante de temps de la longueur 1 de l'armille) maintenue en $v=0$ à partir de $t=0$ et d'une rupture simultanée égale et opposée en $v=1$; d'où, en identifiant avec l'expression, sous forme d'intégrale définie, obtenue en considérant la rupture variable comme la somme de ses accroissements infiniment petits

$$\mathfrak{S}_2^{(2n+1)}=\frac{1}{2(n)!}\int_{\lambda=0}^{\lambda=t}\mathfrak{S}_2^{(1)}(v,t-\lambda)\,d\lambda^n=\frac{1}{2(n)!}\int_0^t\lambda^n\frac{\partial}{\partial t}\mathfrak{S}_2^{(1)}(v,t-\lambda)\,d\lambda.$$

La loi de diffusion, sur l'armille considérée, d'une rupture en $v=0$, à partir de $t=0$, fonction holomorphe de t soit $\sum\frac{a_n t^n}{n!}$ et d'une rupture simultanée égale et opposée en $v=1$ est $\sum a_n\mathfrak{S}_2^{(2n+1)}$ et le flux de chaleur correspondant à la température $\sum a_n\mathfrak{S}_2^{(2n+1)}$ est proportionnel à $\sum a_n\mathfrak{S}_2^{2n}$.

ÉLECTRICITÉ. — *Décharge discontinue dans un tube de Geissler.* Note de M. **H.-A. Perkins**, présentée par M. Lippmann.

On sait depuis longtemps que dans certaines conditions la décharge produite par un champ constant dans un tube de Geissler devient intermittente, et qu'un récepteur téléphonique en circuit produit un son. Dans ses recherches sur la chute de potentiel cathodique M. Capstick (¹) était gêné par cette discontinuité qui se produisait en général quand le gaz n'était pas un gaz simple, come l'hydrogène, mais un mélange ou un gaz complexe comme la vapeur d'eau. L'amorçage du son était très incertain, la fréquence

(¹) *Proc. Royal Soc.*, t. LXIII, 1898, p. 356.

des interruptions variable, et il n'a pu arriver à une explication de ces phénomènes.

J'ai retrouvé cet effet dans quelques expériences que j'ai faites en cherchant l'explication d'une espèce de résonance qui se produit quand un tube de Geissler avec un condensateur en dérivation est alimenté par un courant alternatif. Le tube que j'ai employé avait un diamètre intérieur de $2^{cm},5$; la cathode était un disque plan d'aluminium de $1^{cm},5$ de diamètre, mais l'anode, aussi d'aluminium, avait presque le même diamètre que celui du tube. La cathode était construite de façon à être déplacée axialement. La pression de l'air dans le tube était environ de $0^{mm},1$ de mercure.

Le dispositif était le suivant : en série avec le tube étaient la batterie qui produisait le courant, un galvanomètre d'une sensibilité de 3×10^{-6}, une résistance d'eau distillée et un récepteur téléphonique. Un voltmètre électrostatique indiquait la différence de potentiel entre les électrodes.

La série suivante d'observations est caractéristique de toutes les autres; à une distance déterminée entre les électrodes, soit 6^{cm}, j'augmentais la tension par degrés; à partir d'un potentiel de 600 volts le courant était amorcé et en même temps une lueur faible paraissait entre les électrodes. Avec l'augmentation de la tension, la lueur et le courant devenaient plus intenses, et je constatais l'apparence caractéristique d'une décharge à cette pression, l'espace obscur près de la cathode étant de $1^{cm},5$ de longueur. A partir de 800 volts entre les électrodes il arrivait un changement brusque dans l'apparence de la décharge; la colonne positive et la gaine cathodique, déjà en évidence, s'affaiblirent un peu, et la cathode devenait entourée d'une autre gaine tout à fait différente de la première. Cette seconde gaine l'entourait comme une auréole à une distance moins grande que la longueur de l'espace obscur original et était aussi intense derrière que devant la cathode; elle était fortement déformable dans un champ magnétique et le sens de la déviation indiquait la présence des électrons cheminant de la partie du tube derrière la cathode dans la direction de l'anode.

La différence importante entre ces deux formes de décharge est que, dans la décharge faible, les électrons sont produits seulement à la surface antérieure de la cathode, tandis que, dans la décharge plus forte, les électrons sont aussi produits à la surface postérieure, fait qui naturellement doit produire une luminosité tout à fait différente ajoutée à la luminosité primitive.

Au moment où la décharge change on entend un bruit dans le téléphone. Ce son commence avec les pulsations lentes et séparées qui coïncident avec des variations entre les deux formes de la décharge. Mais, en augmentant le voltage par quelques volts, le son devient une note claire d'une fréquence croissante avec la tension, et à 2000 volts elle devient si

aiguë qu'elle est pénible à l'oreille. Avec les tensions encore plus élevées on n'entend rien.

Le courant dans le cas cité commençait avec la valeur de 6×10^{-6} ampère pour une différence de potentiel de 600 volts entre les électrodes, et augmentait suivant la forme générale du courant dans les gaz ionisés par choc; mais à la valeur de 6×10^{-5} ampère, et une différence de potentiel de 800 volts, il arrivait un point de discontinuité dans la courbe, coïncidant avec le changement de structure, et le commencement de l'intermittence du courant. Après ce point on trouve une courbe du même genre, mais au-dessous de celle correspondant au prolongement de la première. Avec des distances différentes entre les électrodes les effets étaient analogues, mais la tension nécessaire pour amorcer la décharge variait avec la distance et passait par un minimum entre 8^{cm} et 6^{cm}. La tension nécessaire pour produire la décharge discontinue avait, au contraire, une valeur minimum pour un écartement de 4^{cm} des électrodes. Mais plus se rapprochaient les électrodes, moins grande devenait la différence entre ces deux tensions critiques, et enfin, à $3^{cm},5$ de distance, le son commençait presque simultanément avec la décharge.

On peut mettre en évidence la discontinuité d'une autre manière. J'ai placé, en dérivation avec le tube, une capacité formée de deux lames de papier d'étain collées sur deux lames de verre à distance variable. Avec ce dispositif on n'aperçoit aucun effet sur la décharge faible, quelle que soit la distance entre les lames; mais, après le passage à l'autre forme de la décharge, l'intensité lumineuse varie avec la capacité; elle est plus brillante avec les capacités les plus élevées, effet qui doit être dû à la variabilité du courant. Le son est changé par la capacité, mais d'une manière moins simple : à mesure que la capacité augmente, la fréquence du son présente un minimum, puis un maximum, et, pour une capacité encore plus grande, a l'air de diminuer constamment.

Distances entre les électrodes	Courant discontinu.	Courant continu.	Différence de potentiel approximative.
cm	amp	amp	volts
8	$11,5\times 10^{-5}$	$18,2\times 10^{-5}$	800
7,5	8,0 »	12,5 »	700
7,0	9,6 »	12,8 »	700
6,5	7,7 »	9,6 »	
6,0	7,0 »	9,3 »	650
5,5	7,0 »	8,3 »	650
4,5	6,4 »	(?) 5,8 »	600

Enfin, j'ai essayé l'effet d'un champ magnétique quand la discontinuité était à peine établie, et je trouvais qu'on pouvait rendre la décharge tran-

quille avec un champ extrêmement faible, perpendiculaire à l'axe du tube, et près de la cathode.

Ainsi, sans changer la tension ou la distance entre les électrodes, je pouvais comparer le courant continu au courant discontinu. La Table ci-jointe donne les résultats pour plusieurs distances entre les électrodes et montre la diminution du courant produite par les interruptions; cette diminution est très appréciable pour les distances où existe une assez grande différence entre le voltage du début du courant et le voltage d'amorçage du son, mais elle tend vers zéro aux distances où le son commence avec la décharge.

Pour expliquer tous ces phénomènes, il faut continuer les expériences et prendre des mesures plus précises, mais j'espère présenter dans une prochaine Communication une théorie partielle de la discontinuité, expliquant d'une manière générale la plupart des effets observés.

PHYSIQUE. — *Coefficients de dilatation des gaz.* Note de M. A. **Leduc**, présentée par M. E.-H. Amagat.

La connaissance plus parfaite des volumes moléculaires me permet de calculer avec plus d'exactitude qu'il y a 12 ans les coefficients de dilatation des gaz à toute température et aux pressions comprises entre 0 et 2 ou 3 atmosphères [1].

1. *Coefficient moyen de dilatation sous pression constante entre* T° *et* T'°.

De la formule

(3) $$Mpv = RT\varphi,$$

on tire aisément

(12) $$\delta_{\text{moy.}} = \frac{v'-v}{v(T'-T)} = \frac{1}{T}\left(1 + \frac{T'}{T'-T}\,\frac{\varphi'-\varphi}{\varphi}\right)$$

ou bien

(12 *bis*) $$\delta_{\text{moy.}} = \frac{1}{T}\left(1 - \frac{\chi}{\varphi}\,\frac{\varphi'-\varphi}{\chi'-\chi}\right).$$

Pour obtenir, en particulier, le coefficient moyen entre 0° et 100°, il suffit de faire dans cette formule (12) T = 273 [2].

(13) $$\alpha_{0-100} = \frac{1}{273}\left(1 + 3{,}73\,\frac{\varphi_{100}-\varphi_0}{\varphi_0}\right) = 0{,}01\left(1{,}3663\,\frac{\varphi_{100}}{\varphi_0} - 1\right).$$

---

(1) Voir *Annales de Chimie et de Physique,* 7e série, t. XV, 1898, p. 95, et *Comptes rendus,* t. CXLVIII, p. 407, 548 et 832.

(2) On écrit, suivant l'usage, $T = 273 + t$; on admet donc pour les coefficients α et β du gaz parfait fictif 3663.10^{-6}. Rappelons aussi que $\frac{\alpha}{\delta} = \frac{v}{v_0}$.

2. *Coefficient vrai de dilatation en volume à* T°.

La formule (12 *bis*) donne à la limite, c'est-à-dire lorsque T' tend vers T, et par suite χ' vers χ et φ' vers φ,

$$(14) \qquad \delta_{\text{vrai}} = \frac{1}{v}\frac{dv}{dt} = \frac{1}{T}\left(1 - \frac{\chi}{\varphi}\frac{d\varphi}{d\chi}\right).$$

On obtiendrait le même résultat en traitant directement la formule (3).

En particulier le coefficient vrai à 0° est donné par

$$(15) \qquad \alpha_0 = \frac{1}{v_0}\left(\frac{dv}{dt}\right)_0 = \frac{1}{273}\left[1 - \frac{\chi_0}{\varphi_0}\left(\frac{d\varphi}{d\chi}\right)_0\right].$$

3. *Coefficient moyen de dilatation en pression entre* 0° *et* t°.

Soit v le volume spécifique du gaz considéré à 0°, sous la pression initiale p. Le gaz étant porté à t° sous pression constante, ce volume deviendrait

$$v' = v(1 + \alpha t).$$

Si le gaz est chauffé au contraire, sous volume constant, sa pression devient

$$p' = p(1 + \beta t).$$

Or, si l'on désigne par φ et φ' les volumes moléculaires de ce gaz à t° sous les pressions respectives p et p', la formule (3) appliquée à ces deux états donne, en tenant compte de la formule (6),

$$\frac{\text{M}pv'}{\text{M}p'v} = \frac{1 + \alpha t}{1 + \beta t} = \frac{\varphi}{\varphi'} = \frac{10^4 - ez - e^2 u}{10^4 - e'z - e'^2 u},$$

z et u correspondant à la température t°, e et e' aux pressions p et p'.

On en tire

$$\alpha - \beta = \frac{1 + \alpha t}{t}\,\frac{(e' - e)z + (e'^2 - e^2)u}{10^4 - ez - e^2 u}.$$

Mais comme

$$e' - e = e\beta t \qquad \text{et} \qquad e' + e = e(2 + \beta t),$$

on a

$$(16) \qquad \alpha - \beta = (1 + \alpha t)e\beta\,\frac{z + eu(2 + \beta t)}{10^4 - ez - e^2 u}.$$

J'ai calculé ainsi les coefficients moyens de dilatation d'un certain nombre de gaz examinés à d'autres égards, entre 0° et 100°, la pression initiale étant $0^{\text{m}},76$. On peut alors réduire sans inconvénient la formule ci-dessus à

$$(16\ bis) \qquad (\alpha - \beta)_{0-100} = \alpha(1 + 100\alpha).10^{-4}(ez + 2,37e^2 u - 0,37 e^2 z^2.10^{-4}).$$

4. *Coefficient vrai de dilatation en pression à* 0°.

On utilise la relation bien connue entre les coefficients vrais

$$\alpha = \beta p \mu,$$

dans laquelle μ est le coefficient de compressibilité isothermique. Or, on trouve aisément que, dans notre notation,

$$p\mu = -\frac{p\,dv}{v\,dp} = 1 + \frac{e\varsigma + 2e^2 u}{\varphi . 10^4} = 1 + 10^{-4}(e\varsigma + 2e^2 u + e^2\varsigma^2 . 10^{-4}).$$

Le Tableau ci-dessous renferme les coefficients de dilatation moyens entre 0° et 100°, et les coefficients vrais à 0° de vingt gaz sous la pression atmosphérique (constante pour les α, initiale pour les β).

Ces gaz sont rangés dans l'ordre des températures critiques croissantes, à l'exception du gaz ammoniac, qui n'appartient pas à la série normale.

	Coefficients moyens $\times 10^6$.		Coefficients vrais $\times 10^6$.	
Gaz.	α_{0-100}.	β_{0-100}.	α_0.	β_0.
H	3662	3664	3662	3664
Az	3671	3672	3673	3672
CO	3671	3672	3675	3673
O	3673	3673	3676	3673
AzO	3675	3674	3678	3674
CH^4	3681	3679	3687	3681
C^2H^4	3735	3722	3767	3737
CO^2	3724	3713	3750	3725
C^2H^6	3775	3730	3823	3777
Az^2O	3732	3719	3761	3733
C^2H^2	3737	3724	3771	3740
HCl	3735	3722	3766	3736
C^2Az^2	3870	3830	3960	3871
CH^3Cl	3894	3851	3994	3894
Cl	3828	3798	3900	3831
CH^3AzH^2	3898	3855	4000	3900
SO^2	3885	3844	3980	3889
$(CH^3)^3Az$	4122	4038	4304	4094
$(CH^3)^2AzH$	3994	3940	4134	3988
AzH^3	3797	3773	3857	3801

Il ne semble pas que l'erreur des trente-deux premiers nombres (jusqu'au gaz carbonique inclusivement) puisse dépasser une unité sur le dernier chiffre. Il est probable qu'elle n'atteint pas quatre unités du même ordre pour les nombres situés dans le bas du Tableau, tels que ceux relatifs au gaz sulfureux par exemple. C'est dire que l'erreur relative reste inférieure à $\frac{1}{1000}$.

J'appelle particulièrement l'attention sur les coefficients de l'hydrogène, que je trouve à peine supérieurs à ceux obtenus par M. P. Chappuis sous

la pression de 1^m de mercure, au lieu de $0^m,76$. J'ajouterai que les valeurs des $\alpha.10^6$ fournies par le calcul étaient 3661,5 et 3661,7, mais qu'il m'a paru illusoire de conserver la décimale.

Il importe surtout de remarquer que β est supérieur au coefficient admis pour le gaz parfait : 3663.10^{-6}. L'examen des formules montre qu'il n'en peut être autrement pour aucun gaz dans aucune condition.

PHYSIQUE. — *Sur la fusibilité des mélanges d'or et de tellure.* Note de M. H. Pélabon, présentée par M. D. Gernez.

Quand on chauffe de l'or et du tellure dans un tube scellé où l'on a fait le vide, on observe, dès que la température de fusion du tellure est atteinte, que l'or se dissout très facilement dans le liquide formé.

Si la proportion d'or dépasse 60 pour 100, il faut élever la température pour dissoudre le métal complètement; on obtient alors des mélanges de plus en plus pâteux à mesure que la teneur en or augmente.

La courbe de fusibilité des mixtes obtenus peut être construite facilement.

Elle comprend une première partie rectiligne qui part du point de fusion du tellure : 452° et aboutit à un eutectique qui se solidifie à 415°. Ce mélange eutectique renferme 16,5 pour 100 d'or.

A partir de ce point, la température de la solidification commençante croît avec la proportion d'or dans le mélange et atteint une valeur maximum (472°) pour les mélanges renfermant de 41 à 45 pour 100 d'or.

La température de la solidification finissante, très nettement observable, diminue au contraire faiblement et régulièrement; elle s'observe encore pour le mélange à 40 pour 100 d'or et est égale à 405°.

Si l'on remarque que la température de solidification finissante ne s'observe plus pour les mélanges à 43 et 44 pour 100 d'or, on peut dire que l'ordonnée maximum de la courbe de fusibilité correspond à l'un des mélanges dont la teneur en or reste comprise entre ces nombres.

Or Geuth [1] a fait connaître un tellurure d'or retiré des mines de Californie : la *calavérite* Au^2Te^4. Ce corps renferme exactement 43,59 pour 100 d'or et doit constituer le composé défini dont l'existence est indiquée par le maximum 472° de la température de solidification.

---

(1) Geuth, *Bulletin de la Société chimique*, t. V, p. 383.

Quand la teneur en or passe de 45 à 56 pour 100, la température de la solidification commençante s'abaisse rapidement jusqu'à 452° et l'on trouve cette même valeur pour tous les mélanges plus riches en or, quelle que soit leur composition.

Les mixtes Au + Te (60,70 pour 100 d'or), Au^2 + Te (75,57 pour 100 d'or), Au^3 + Te (85,25 pour 100 d'or) ont tous une courbe de refroidissement très régulière présentant un palier très net à 452°.

Pendant la solidification de 5g environ de ces mélanges, la température demeure stationnaire pendant 2 ou 3 minutes. Jamais nous n'avons observé, dans les courbes de refroidissement de ces mixtes, d'autre palier que celui qui correspond à 452° (température de fusion du tellure).

Si l'on porte ces mélanges à des températures de plus en plus élevées, on observe qu'ils restent constamment pâteux et perdent du tellure qui vient cristalliser dans les parties froides du tube. Quand on atteint ainsi 1065°, le tellure a complètement disparu et il reste l'or à l'état liquide.

Après refroidissement, les masses pâteuses dont il s'agit donnent des solides hétérogènes dans lesquels on distingue nettement l'or et le tellure.

Margottet, en faisant agir des vapeurs de tellure sur des lames d'or, a pu obtenir un tellure d'or cristallisé répondant à la formule Au^2Te dont le point de fusion est très voisin de celui du tellure. Rien dans la courbe de fusibilité n'indique l'existence de ce composé.

PHYSIQUE. — *Sur la température de fusion du platine.* Note de MM. **W. Waidner** et **G.-H. Burgess**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Communication récente (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 401), MM. Féry et Chéneveau viennent de donner les résultats de leurs mesures sur le point de fusion du platine faites avec le pyromètre optique, gradué empiriquement, de M. Féry; et ils y joignent les résultats de quelques déterminations antérieures.

Parmi celles-ci, les mesures faites par MM. Waidner et Burgess sont citées comme fournissant des nombres compris entre 1706° et 1753°; ils donnent aussi, comme étendue de déterminations autres, de 1710° à 1789°. MM. Féry et Chéneveau considèrent que ces divergences tiennent surtout à la nature du milieu gazeux dans lequel se produit la fusion.

Il nous semble que l'incertitude de notre connaissance de ce précieux

point de repère n'est pas aussi considérable que l'indiquent les chiffres ci-dessus.

Si l'on prend le type ordinaire de couple thermo-électrique, soit de Pt, 90 Pt—10 Rh, soit de Pt, 90 Pt — 10 Ir, et si on lui applique la même équation empirique,

$$E = -a + bt + ct^2,$$

on tombe en moyenne sur le même nombre pour la température de fusion du platine. C'est ainsi que M. Harker, MM. Holborn et Henning, et MM. Waidner et Burgess trouvent 1710°, 1710°, 1706°. Cependant, nous avons montré (voir *Bulletin, Bureau of Standards*. t. III, 1907, p. 163-208) que si l'on choisit une autre forme d'équation qui représente les faits dans l'intervalle des températures connues, aussi bien que la première, ou si l'on fait emploi d'autres couples thermo-électriques, on trouve des nombres bien différents de 1706-1710. Il n'y a pas de raison physique pour que cette équation, purement empirique, qui satisfait assez bien les observations dans l'intervalle 300° à 1100°, soit encore vraie après une extrapolation de 700°. Nous croyons donc qu'on ne peut pas se rapporter définitivement à cette méthode pour déterminer le point de fusion du platine.

Il reste alors les déterminations de cette température par les méthodes de rayonnement, c'est-à-dire les mesures de MM. Nernst et Wartenburg qui donnent 1746°, celles de MM. Holborn et Valentiner qui donnent 1789°, et de MM. Waidner et Burgess qui donnent 1753°. Ces observations, bien que faites avec des appareils divers, sont basées sur le rayonnement monochromatique du corps noir dont les lois ont une base théorique et expérimentale considérable. La divergence de ces chiffres trouvés par cette méthode paraît due en grande partie à une connaissance insuffisante de la valeur exacte de la constante C_2 dans l'équation de Wien :

$$J = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda \vartheta}},$$

comme le montre le Tableau où les résultats trouvés par ces auteurs sont indiqués d'abord suivant la valeur de C_2 employée dans chaque série d'expériences, et ensuite pour une même valeur de C_2 :

	Valeur de C_2.	Fusion du platine.	Valeur de C_2.	Fusion du platine.
Nernst et Wartenburg....	14600	1745°	14500	1751°
Holborn et Valentiner....	14200	1789	14500	1770
Waidner et Burgess......	14500	1753	14500	1753.

D'après ce Tableau, il est donc évident que, lorsque notre connaissance de cette constante C_2 sera plus exacte, les déterminations du point de fusion

du platine auront une divergence de moins de 1,1 pour 100 au lieu de 4,6 pour 100.

MM. Féry et Chéneveau obtiennent un résultat expérimental qui diffère selon que le platine est fondu électriquement ou dans une flamme. On pourrait peut-être expliquer leurs divergences, qui sont de 30° à 50°, par des changements de rayonnement du platine produits par l'influence du milieu gazeux; cependant, ceci ne semblerait pas expliquer les divergences apparentes notées dans les travaux antérieurs par la méthode de rayonnement, puisque toutes ces observations ont été faites sur le platine dans un même milieu, l'air, à l'intérieur d'un four électrique à résistance, et dans des conditions expérimentales très semblables.

Nous ajouterons que, d'après les expériences citées ci-dessus par la méthode de rayonnement monochromatique du corps noir, la valeur du point de fusion du platine serait de 1770°, à 20° près, ce qui est aussi le chiffre trouvé par M. Violle en 1878 par une méthode calorimétrique.

PHYSIQUE. — *Sur le dichroïsme magnétique des espèces minérales.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie un résumé de mes recherches sur le dichroïsme magnétique des espèces minérales. J'ai indiqué précédemment que, d'une manière générale, le dichroïsme des liqueurs mixtes était lié à l'anisotropie des substances cristallines associées aux divers liquides; cette conséquence résulte en particulier de ce fait que les substances non cristallisées ou cristallisées dans le système cubique ne fournissent pas de liqueurs actives dans l'étendue des champs utilisés, soit par défaut d'orientation, soit par identité des indices principaux, le dichroïsme pouvant dépendre de ces deux causes.

Pour achever de démontrer cette proposition, j'ai eu recours aux espèces minérales étudiées dans l'ordre des biréfringences, espèces qui ont donné les résultats consignés dans le Tableau ci-joint, lorsqu'on les associe aux différents liquides dont les principaux sont indiqués en tête des colonnes verticales.

Bien que la biréfringence optique ne fournisse pas la mesure de l'anisotropie magnétique, il y a tout lieu de croire que ces deux quantités sont de même ordre de grandeur, ou du moins varient sensiblement dans le même

sens. On reconnaît alors que, au fur et à mesure qu'on s'adresse à des espèces dont la biréfringence devient moins énergique, l'aptitude à donner des liqueurs actives diminue ou le dichroïsme devient plus faible (¹).

	Indices principaux.	Biré-fringence.	Eau 1,33.	Alcool méthylique 1,33.	Alcool éthylique 1,36.	Acide acétique 1,37.	Alcool amylique 1,40.	Pétrole. 1,44.	Térébenthène 1,47.	Benzine 1,50.	Sulfure de carbone 1,62.
Sidérose....	1,93-1,62	0,31	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mésitite....			—	—	—	—	—	—	—	—	+ f.
Giobertite..	1,72-1,51	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Dolomie....	1,68-1,50	0,18	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Spath......	1,65-1,48	0,17	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Aragonite..	1,685-1,681-1,530	0,15	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Cassitérite..	2,093-1,997	0,09	+		+		+				
Muscovite..	1,61-1,61-1,57	0,04	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Olivine.....	1,69-1,66	0,036	+	+	+	+	+	+	+	+	
Épidote....	1,768-1,730	0,03					+		+	+	+
Diopside....	1,70-1,67	0,03				+	+		—	+	+
Hornblende.	1,65-1,64-1,63	0,024	+	+	+	+	+			+	+
Diallage....	1,703-1,68-1,679	0,024		+	+	+	+	+	+		+
Augite.....	1,73-1,71-1,71	0,02		+	+	+	+			+	+
Tourmaline.	1,643-1,623	0,02	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cordiérite..	1,55-1,54-1,54	0,01	+	+ f.	+ f.	+ t. f.	+		+	+	—
Andalousite.	1,64-1,63-1,63	0,01									
Topaze.....	1,62-1,61-1,61	0,01									
Gypse......	1,529-1,522-1,520	0,009		+ f.		+ f.	+ f.				
Quartz.....	1,553-1,544	0,009									
Cymophane.	1,756-1,748-1,747	0,009									
Corindon...	1,769-1,760	0,009									
Axinite.....	1,681-1,677-1,672	0,009									+ f.
Oligoclase..	1,542-1,538-1,534	0,008									
Orthose....	1,535-1,535-1,526	»	+	+	+	+	+ t. f.				
Béryl.......	1,575-1,570	0,005								+	—
Apatite.....	1,649-1,645	0,004									
Idocrase....	1,722-1,720	0,002									
Pennine....	1,577-1,576	var.	+ f.	+		+			+ f.	+	+
Analcime...	1,487	0,001									

Ce Tableau constitue en même temps une vérification de la loi des indices, car, les liquides étant classés dans l'ordre des réfringences (l'indice est inscrit à côté de chacun d'eux), il est aisé de constater que le changement de signe du dichroïsme se produit (²) pour un liquide dont l'indice est voisin de l'indice moyen.

(¹) L'absence de signe indique un dichroïsme inappréciable ou nul; la lettre *f* désigne un dichroïsme *faible*.

(²) Sauf en ce qui concerne la pennine.

PHYSIQUE. — *Nouvelle pompe à mercure automatique.* Note de M. P. KLEIN, présentée par M. E. BOUTY.

L'orientation actuelle des recherches de Physique et de Chimie est telle, qu'on a de plus en plus souvent besoin de réaliser commodément des vides élevés. Cette considération nous a amené à réaliser l'appareil qui est représenté par les figures ci-jointes.

Le tube D*o* communique avec le récipient à vider et le tube E*o'* avec une trompe à eau. La boule A qui communique avec C par l'orifice étroit *a* remplace la boule-pompe des pompes à mercure ordinaires. Le tube renflé B remplace le récipient mobile de ces mêmes instruments.

Ce qu'il y a principalement de nouveau dans cet appareil, c'est d'une part la manière dont sont évacués les gaz aspirés dans la boule-pompe A et d'autre part la manière simple dont l'automatisme est réalisé.

L'automatisme est produit essentiellement par le jeu d'un flotteur F (*fig.* 2) qui met alternativement le tube B en communication avec la trompe à eau par *bc*E et avec l'atmosphère par *r*. Les figures 3 et 4 montrent comment ces communications s'établissent; le flotteur se termine par un rodage *s* qui peut obturer l'orifice du tube *bc* et il se prolonge par une tige creuse qui pénètre à l'intérieur d'une soupape *s'*. Lorsque le flotteur est soulevé complètement (*fig.* 3), B communique avec l'atmosphère par *r* et les trous *tt'* percés dans la tige du flotteur.

Lorsqu'au contraire il est un peu abaissé (*fig.* 4), B communique seulement avec la trompe à eau par *bc*E.

En ce qui concerne l'évacuation des gaz aspirés, le robinet à trois voies des pompes ordinaires est remplacé par une fermeture à mercure différant essentiellement de celle qui est adoptée dans les pompes à mercure dites *sans robinet*.

L'orifice *a* qui termine supérieurement la boule A est à cet effet surmonté, pendant le fonctionnement de l'appareil, d'une couche de mercure contenue dans C. Lorsque le mercure s'élève dans A, il chasse devant lui les gaz aspirés et les force à venir, par l'orifice *a* et en traversant le bouchon de mercure, dans C et de là dans la trompe à eau. Lorsqu'au contraire le mercure descend dans A, une partie du bouchon de mercure s'écoule dans le vide barométrique qui se crée au-dessous de lui, mais il en reste assez pour empêcher les gaz de la trompe à eau de refluer dans le récipient à vider. De cette manière il a été possible de supprimer tout espace nuisible et aussi le coup de bélier, qui devient si dangereux avec les pompes à mercure usuelles lorsqu'on dépasse un vide de $\frac{1}{5}$ de millimètre.

Fonctionnement. — Au début de l'expérience, l'appareil est plein d'air à la pression atmosphérique, le mercure est au même niveau dans B et dans le tube qui supporte A, le flotteur occupe la position de la figure 3 et l'orifice *a* n'est pas recouvert de mercure. Lorsqu'on actionne la trompe à eau, les gaz du récipient à vider sont

aspirés suivant DSaCE. Le mercure s'abaisse dans B et s'élève dans la boule A qu'il finit par remplir complètement; il s'élève aussi dans L et se déverse dans C en y formant le bouchon de mercure qui, à partir de ce moment, isole de la trompe à eau le récipient à vider. Lorsque le mercure s'est abaissé suffisamment dans B, le flotteur

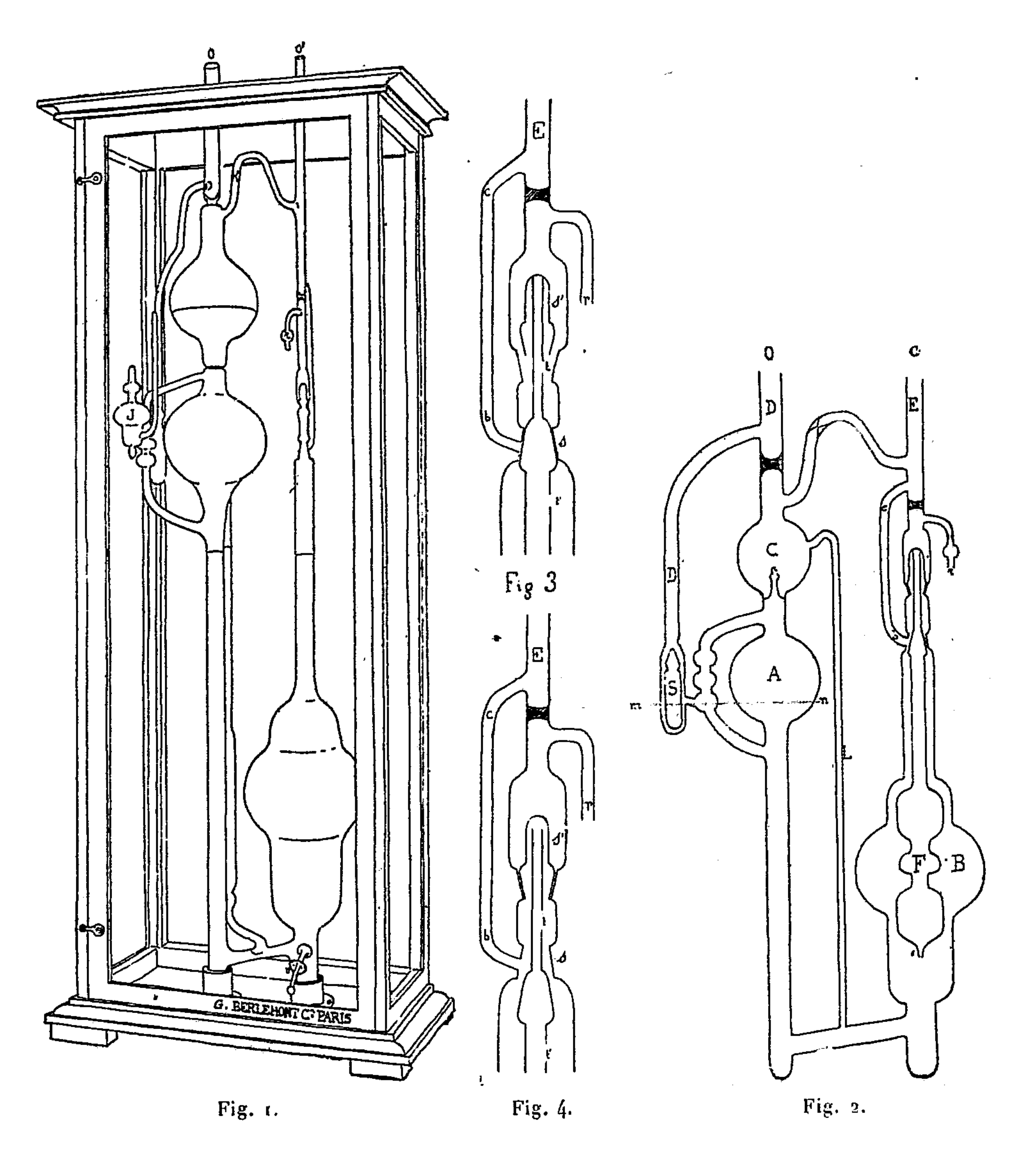


Fig. 1. Fig. 4. Fig. 2.

s'abaisse, reliant B avec la trompe à eau. Par suite de la dépression qui en résulte dans B, le mercure s'abaisse dans A en y créant le vide barométrique et les gaz du récipient à vider sont aspirés suivant DS. Quand le mercure atteint un niveau convenable dans B, le flotteur s'abaisse brusquement reliant B avec l'atmosphère. Le

mercure s'élève rapidement dans A chassant les gaz aspirés dans C, le flotteur s'abaisse et le même cycle recommence. (Quand le mercure monte dans A, la soupape S se soulève empêchant le mercure de monter dans D.)

Lorsqu'on ferme le robinet d'eau, le bouchon de mercure s'écoule entièrement et le mercure prend le même niveau dans les deux parties de l'appareil, mais la soupape S reste entourée de mercure, ce qui isole le récipient à vider d'une façon absolument hermétique.

Le fonctionnement de l'appareil est d'autant plus rapide que la trompe à eau est plus puissante. Il y a donc avantage, quand c'est possible, à employer une trompe à eau de grand débit. On peut aussi employer une pompe à main. On peut dans ces conditions obtenir le vide de Crookes en 15 minutes dans un récipient de 500^{cm^3}.

La manière dont le mercure se déplace dans l'appareil a permis de le munir d'un manomètre jauge automatique.

En résumé, la pompe à mercure qui fait l'objet de cette Communication fonctionne d'une manière entièrement automatique sous l'influence d'une trompe à eau ou d'une machine pneumatique quelconque. Elle est tout en verre, entièrement close et sans aucun robinet, de sorte que le mercure peut s'y conserver propre indéfiniment.

Il a été possible, néanmoins, de la monter d'une façon très solide; et, comme ses dimensions et son poids sont très réduits ($24^{cm} \times 15^{cm} \times 65^{cm}$ entre vitres, 650^{cm^3} de mercure environ), le transport en est facile dans les conditions de fonctionnement.

Enfin, pour la mettre en marche ou l'arrêter, il suffit de tourner le robinet de la trompe à eau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les conditions nécessaires aux réactions directes et le sens du courant électrique produit dans l'attaque des métaux par le soufre.* Note de M. **Albert Colson**, présentée par M. Georges Lemoine.

Non seulement la chaleur de formation des composés ne donne pas d'indication sur leur stabilité relative (*Comptes rendus*, 1909, p. 837), mais, si deux corps sont capables de se combiner à un troisième, le composé qui prend naissance à une température donnée n'est pas nécessairement celui dont la combinaison dégage le plus de chaleur.

I. Il y a longtemps que Deville a constaté la difficulté d'oxyder l'aluminium, même à température élevée, tandis qu'on sait par les expériences de M. Sabatier et par les miennes que l'oxydation du cuivre commence au-dessous de 250°. Il est donc probable que, dans l'oxydation du mélange de

deux métaux, le cuivre s'oxydera d'abord, quoique l'union de Cu avec O ne dégage que 39700^{cal}, tandis que l'union de $Al^{\frac{3}{2}}$ avec O en dégage 131 000. L'expérience confirme cette prévision, et l'on peut lui donner les formes les plus variées.

II. De même, en remplaçant l'oxygène par le soufre, j'ai constaté que le cuivre et l'argent noircissent, tandis que l'aluminium ou le magnésium reste inaltéré quand on place ces métaux dans un tube à l'intérieur d'un ballon contenant du soufre et vide d'air. L'effet apparaît rapidement quand on porte le ballon à 100°, et cependant la combinaison de l'argent avec le soufre ne dégage que 3000^{cal}, tandis que la formation de MgS dégage 79400^{cal}.

Au lieu d'opérer au sein d'une vapeur diluée, j'ai dissous le soufre dans la benzine, et j'ai chauffé au sein de cette dissolution un fil d'aluminium lavé à l'éther et juxtaposé à un fil de cuivre. Seul l'aluminium reste inaltéré, même lorsque les métaux en fils sont tordus ensemble. L'argent donne les mêmes résultats que le cuivre. Naturellement il n'est pas indispensable de chauffer.

III. Pour éviter toute objection relative à l'intervention de la température et pour constater d'une manière plus absolue le sens de l'attaque, j'ai formé un couple électrique en prenant comme liquide conducteur et réagissant du sulfhydrate jaune d'ammoniaque, et comme électrodes le cuivre et l'aluminium. Le sens du courant montre aussi bien que l'aspect du cuivre que ce métal est l'élément attaqué par le soufre dissous, à froid et sans intervention de chaleur étrangère.

Si l'on remplace le cuivre par l'argent, le sens du courant montre que l'argent est encore le métal attaqué, malgré l'énorme différence des chaleurs de formation. En remplaçant le sulfhydrate par le sulfure de sodium jaune, on trouve que tantôt il y a accord, tantôt désaccord, entre le sens du courant et le sens thermique de la réaction. La chaleur dégagée ne règle donc pas l'allure des combinaisons.

IV. Le cas des sulfures cuivreux et cuivrique démontre ce fait d'une manière non moins nette. La formation du sulfure CuS dégage 10000^{Cal} d'après Berthelot et 9720^{Cal} d'après Thomsen. Comme la formation du sulfure cuivreux dégage 20270^{Cal}, ce composé devrait prendre naissance quand on met le cuivre en contact avec du soufre vaporisé ou dissous. Or, à froid ou à chaud, c'est généralement le sulfure noir CuS qui apparaît [1], même au centre de la masse sulfurée qui enveloppe la tige de cuivre et qui devrait gêner le renouvellement du milieu sulfuré.

---

(1) En liqueur fortement ammoniacale, j'ai fait apparaître Cu^2S rouge.

V. Ces exemples, qu'il est facile de multiplier, montrent qu'à température constante, basse ou élevée, les réactions directes ne sont pas occasionnées par la grandeur des dégagements de chaleur. D'autres conditions interviennent. Ce sont, sous pression constante :

1° La température à partir de laquelle le composé se forme;

2° La température à partir de laquelle le composé se défait.

Ces températures limitent ce que j'ai appelé les *zones de réaction* (*Comptes rendus*, 1898) (¹). Elles ne peuvent pas être prévues, pas plus qu'un point de fusion ou d'ébullition, pas plus que la solubilité d'un corps dans un autre, mais ce sont des données indispensables à la résolution d'une question de Chimie. Si elles sont encore peu connues, quoique leur importance n'ait pas échappé à M. Van't Hoff (²), cela tient aux difficultés que présente leur détermination. Toutefois l'objection que la température de combinaison s'abaisse par des effets catalytiques ne doit pas arrêter les chimistes, car, si par exemple les vases dans lesquels on fond les corps se dissolvaient dans la masse fondue, le point de fusion serait variable, et pourtant la difficulté de le déterminer n'empêcherait pas que la connaissance de cette donnée ne reste fondamentale en Physique.

La seconde donnée, c'est-à-dire la température de décomposition ou de dissociation du composé, apparaît plus nettement comme il résulte de mes recherches antérieures. C'est elle qui indique la possibilité d'une décomposition. Ainsi, à mon avis, l'aluminothermie ne repose pas sur ce fait que la formation de l'alumine dégage plus de chaleur que la formation de l'oxyde chromique. Vers 2000°, nous ne le savons pas. Le saurions-nous, que cela ne prouverait rien, car l'oxyde ZnO dont la formation dégage 84400^{Cal} est réduit par l'hydrogène, quoique cette réduction ne donne que 58300^{Cal}; bien plus, d'après Reichel, MgS fondu avec du cuivre abandonne du soufre (³).

La cause de la réaction de l'aluminium sur l'oxyde Cr^2O^3 réside dans ce fait que l'aluminium Al^2O^3 n'a aucune tension de dissociation vers 2000°, tandis qu'il n'en est pas de même pour Cr^2O^3.

Pratiquement il est assez facile de mettre en évidence ces tensions de dissociation, même à 2000°, ne serait-ce que par l'intervention d'une action réductrice auxiliaire; tandis qu'il est impossible actuellement de connaître les chaleurs dégagées à ces hautes températures.

(¹) T. CXXVI, p. 831, 1136 et 1505.

(²) VAN'T HOFF et DEVENTER, *Rec. trav. chim. des Pays-Bas*, t. V, p. 255.

(³) *Journ. prakt. Chem.*, II, **12**, p. 55.

Si ces températures fondamentales nous échappent, c'est qu'elles sont noyées dans l'ensemble des phénomènes directs et des phénomènes secondaires, qui, seul, est révélé par l'observation.

Comme l'a remarqué M. Poincaré, c'est la perfection des observations, peut-être aussi leur nombre et leur diversité, qui masque les lois de la physicochimie, comme des observations plus précises que celles de Tycho auraient certainement masqué les lois de l'Astronomie. Il y a donc intérêt à démêler la superposition des phénomènes.

En résumé, les chaleurs de formation, dont la connaissance est indispensable à l'étude des équilibres chimiques, n'ont pas d'influence sur les réactions directes irréversibles dont l'allure est uniquement réglée par des questions de température : la température développée par une combinaison étant une qualité toujours préférable à la quantité de calories qu'elle peut dégager.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Interprétation physicochimique des différences de potentiel dans les tissus vivants.* Note de M. **Pierre Girard**, présentée par M. Dastre.

Dans une Note précédente [1] nous avons indiqué comment la polarisation d'une membrane interposée dans un couple de concentration dont la réaction est légèrement acide ou légèrement alcaline s'interprétait par l'existence de ce que Quincke appela une *force électromotrice de filtration*.

La différence de potentiel entre les deux faces de la membrane, qui s'obtient comme nous l'avons dit par la différence $\pi - \pi'$ du voltage du couple liquide avant et après le cloisonnement, est en effet, comme l'exige l'expression

$$E = \frac{p \varepsilon \rho}{2 \pi \eta}$$

de cette *force électromotrice de filtration* indépendante de l'épaisseur de la membrane et de sa section, proportionnelle à la différence de pression osmotique p des solutions séparées par la cloison, proportionnelle à la différence de potentiel ε de la couche double et inversement proportionnelle à η qui est le coefficient de viscosité de l'eau.

Ce dernier point est remarquable.

---

(1) *Comptes rendus* du 25 avril 1909.

On sait en effet que, conformément à l'équation de Nernst

$$\pi = \mathrm{RT}\frac{u+v}{u-v}\, ln\frac{c_1}{c_2},$$

les différences de potentiel π des couples de concentration sont proportionnelles à la température absolue.

L'intercalation d'une membrane dans un couple dont la réaction n'est pas strictement neutre aura donc pour effet d'en faire varier le voltage, non plus proportionnellement à la température absolue T, mais suivant une loi beaucoup plus rapide (précisément suivant la loi de variation du coefficient de viscosité η).

Nous distinguerons deux cas suivant l'orientation réciproque du champ du feuillet interposé et du champ de diffusion de l'électrolyte.

Si ces deux champs sont de sens contraire, le cloisonnement du couple en abaissera le voltage π qui devient π' ($< \pi$); la différence $\pi - \pi'$ qui correspond au champ du feuillet est de signe contraire à π et croîtra en raison inverse du coefficient η.

L'élévation de la température aura cet effet paradoxal, pour un observateur non averti, d'abaisser le voltage π' et suivant une loi beaucoup plus rapide que la proportionnalité à la température absolue.

Exemple I. — Soit un couple liquide constitué par une solution $HCl\ \frac{1}{50}\ n$ et une autre solution du même acide $\frac{1}{2500}\ n$. A 15° π est égal à $+0{,}004$ volt.

L'intercalation d'une membrane en vessie de porc abaisse le voltage, qui devient égal, en régime permanent et à la même température, à $\pi' = +0{,}004$ volt; à 38° le sens du voltage est inversé et l'on a

$$\pi' = -0{,}016 \text{ volt}.$$

Si le champ du feuillet et le champ de diffusion sont de même sens, le cloisonnement du couple en accroîtra le voltage qui passe de π à π'' ($\pi'' > \pi$), et, la différence $\pi'' - \pi$ étant cette fois de même signe que π et croissant en raison inverse de η, l'élévation de la température fera croître π'' suivant une loi plus rapide que la proportionnalité à T.

Exemple II. — Un couple liquide, dont un élément est constitué par une solution de SO^4K^2 normale alcalinisée par une petite quantité de KOH ($\frac{1}{100}n$ d'alcalinité) et l'autre élément par cette même solution diluée au $\frac{1}{100}$ et non alcalinisée, donne un voltage

$$\pi = +0{,}020 \text{ volt à } 20°.$$

L'intercalation d'une membrane augmente le voltage de ce couple qui, à la même

température et quand le régime permanent est établi, devient égal à

$$\pi'' = +0,026 \text{ volt.}$$

A 48° le voltage est

$$\pi'' = +0,031 \text{ volt.}$$

La connaissance de ces faits nous semble d'un certain secours pour lever une difficulté qu'on avait rencontrée dans l'interprétation physicochimique des différences de potentiel des tissus vivants.

Ostwald [1] suppose que les membranes qui enveloppent les cellules vivantes, perméables à certains ions, ne le sont pas à d'autres. Sous l'action d'une différence de pression osmotique les ions du liquide intra-cellulaire tendront à diffuser, et, la membrane laissant passer les uns (d'un certain signe) et arrêtant les autres (d'un signe contraire), une différence de potentiel naîtra. Les forces électrostatiques ainsi engendrées et devenues à un moment donné égales à la pression osmotique des ions diffusés les maintiendront au voisinage de la paroi.

Seulement cette interprétation implique (Ostwald lui-même le démontre) que les différences de potentiel qui prennent ainsi naissance croissent proportionnellement à la température absolue.

Or, les recherches de Hermann, de von Gendre, de Biedermann et surtout celles de Lesser [2] sur la peau de grenouille montrent que tout au moins chez ce dernier tissu les différences de potentiel croissent suivant une loi à peu près impossible à établir exactement en raison des grandes difficultés expérimentales qu'on rencontre, mais certainement plus rapide que la proportionnalité à la température absolue.

Le schéma physicochimique que nous décrivions plus haut nous paraît fournir une interprétation de cette difficulté.

Si l'on commence par ne pas tenir compte de la polarisation des membranes enveloppantes d'une cellule à l'autre ou des cellules au milieu interstitiel qui les baigne, les différences de concentration en électrolytes engendreront des différences de potentiel au contact, orientées de façon quelconque, mais dont la somme algébrique n'est pas nulle; mais, la réaction du liquide cytoplasmique s'écartant plus ou moins de la neutralité, cette condition est suffisante pour rendre légitime l'hypothèse d'une polarisation de la membrane cellulaire. Dès lors, conformément au mécanisme que nous

---

(1) *Zeitschrift für physik. Chem.*, t. VI, 1890, p. 71-82.
(2) *Archiv für die gesammte Physiol.*, 1907.

indiquions, plus compliqué que celui d'Ostwald, les différences de potentiel d'un point à l'autre du tissu envisagé ne devront pas croître proportionnellement à la température absolue, mais suivant une loi plus rapide.

Pour qu'elles croissent avec la température (et suivant la loi de variation du coefficient de viscosité), il suffit que la polarisation des membranes cellulaires intervienne dans le phénomène électrique global comme un facteur positif; il suffit d'imaginer, en un mot, un schéma analogue à celui de l'expérience II.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la congélation des mélanges d'eau et d'acide butyrique normal.* Note (¹) de M. **M.-H. Faucon**, présentée par M. Le Chatelier.

Nous avons donné dans une précédente Note le résultat de nos recherches sur la congélation des mélanges d'eau et de divers acides gras. Nous donnons aujourd'hui le résumé de nos mesures dans le cas des mélanges en toutes proportions d'eau et d'acide butyrique normal.

Points de congélation. — Les points de congélation des différents mélanges d'eau et d'acide butyrique normal sont les suivants :

P est le poids d'acide contenu dans 100g de mélange.

T est la température de solidification commençante.

P.	T.	P.	T.	P.	T.
0	0°	59,72	— 3°,14	87,62	—13°,40
1,89	—0,42	67,38	— 3,57	90,08	—12,40
5,12	—1,08	70,52	— 4,12	94,63	—10,70
10,24	—2,13	73,04	— 4,80	95,92	—10
12,75	—2,70	75	— 5,20	97,24	— 9,30
15,62	—2,77	80	— 6,80	98,60	— 8
25,32	—2,96	84	— 8,61	99,15	— 5,40
35,10	—2,98	85,41	—10,25	99,50	— 4,20
49,67	—3,02	86,02	—12,54	100	— 3,12
50,60	—3,07	86,92	—13,20		

Le diagramme représentant ces mesures s'écarte de celui qui représente l'étude de la congélation des mélanges d'eau et des autres acides gras solubles.

(¹) Présentée dans la séance du 26 avril 1909.

Tout d'abord, on n'y trouve rien qui caractérise une combinaison définie entre les deux liquides, et la courbe de fusibilité des mélanges d'eau et d'acide butyrique ne décèle pas d'hydrate.

Le diagramme est formé de plusieurs parties :

a. Une partie commence à 0°, point de cristallisation de l'eau pure, atteint — 2°,7 pour une concentration de 12,75 pour 100 d'acide.

C'est une droite montrant que dans ces limites de concentration les abaissements des points de congélation sont proportionnels à la teneur en acide. Le produit qui se sépare au début de la congélation est de la glace pure.

b. La deuxième partie, correspondant à des concentrations de 12,75 à 50 pour 100 d'acide, est encore une ligne droite sensiblement horizontale. Les points de congélation s'abaissent progressivement de — 2°,77 à — 3°,07; ces légères variations de température ont été déterminées à l'aide d'un thermomètre cryoscopique divisé en cinquantièmes de degré, et l'on peut admettre que pratiquement, dans ces limites de concentrations, les divers mélanges ont même point de congélation.

Les premiers cristaux qui se séparent sont formés de glace pure.

c. La troisième partie est une courbe tournant sa concavité vers les concentrations et aboutissant à l'eutectique de formule

$$C^4H^8O^2 + 0,70\,H^2O$$

et dont le point de fusion est de — 13°,4.

Les cristaux qui se séparent au début de la solidification sont formés de glace.

d. Enfin on a, en quatrième lieu, une courbe tournant sa convexité vers les concentrations; elle part de — 3°,12, point de solidification de l'acide pur, et coupe à angle vif la courbe *c* au point d'eutexie — 13°,4.

Le solide qui se sépare dans les mêmes conditions que précédemment est de l'acide butyrique pur.

Examen microscopique. — Si l'on examine au microscope les cristaux qui se séparent lors de la congélation, on constate que tous les mélanges dont la teneur en acide est inférieure à la composition de l'eutectique donnent des cristaux de glace pure. Nous avons observé soit des cristallites en forme de feuilles de fougère, soit une matière nettement cristallisée agissant sur la lumière polarisée et présentant parfois de vives couleurs qui varient suivant l'épaisseur des cristaux examinés. Les dimensions des cristaux diminuent à mesure qu'augmente la concentration en acide pour atteindre des dimensions très réduites aux environs du point d'eutexie.

Les mélanges dont les points de congélation forment la quatrième partie de la courbe laissent déposer de l'acide butyrique. Aux environs de l'eutectique, on observe des cristallites aciculaires groupés en faisceaux. Les solu-

tions très riches en acide donnent des cristaux en trémies ramenant la lumière.

La glace et l'acide sont donc les seuls solides se séparant des diverses solutions.

Mais l'examen du solide obtenu en refroidissant fortement les solutions dont le titre varie de 25 à 60 pour 100, nous a montré que de telles solutions peuvent, à basse température, perdre leur homogénéité. On observe de fines gouttelettes se répandant dans la préparation, et le liquide a l'aspect laiteux, émulsionné. Il existe donc une température facilement atteinte où l'acide butyrique normal et l'eau ne sont plus miscibles en toutes proportions. Ceci explique la constance du point de congélation lorsque la concentration varie de 15 à 55 pour 100, constance dont on ne retrouve pas l'analogue dans l'étude de la congélation des mélanges aqueux des trois premiers termes de la série homologue des acides gras.

Limites de miscibilité. — Nous avons été amené à fixer les limites de température et de concentration où la miscibilité des deux liquides n'est plus complète. Pour cela nous avons facilité, autant que possible, la surfusion et déterminé, par plusieurs séries d'expériences faites sur des *solutions neuves*, la température où les divers mélanges perdaient leur transparence, devenaient opalescents par suite de la séparation de leurs constituants.

Voici le résultat de nos mesures :

Proportions d'acide.........	25	30	35	40	50	58
Température du mélange....	—5°,2	—4°,2	—4°	—3°,8	—4°,5	—7°

Le mélange à 20 pour 100 d'acide reste transparent lorsqu'il est surfondu à — 12°, et celui à 67 pour 100 reste aussi transparent et homogène refroidi à — 11°.

Nous pouvons donc conclure que — 3°,8 est la *température critique de miscibilité* des mélanges d'acide butyrique normal et d'eau. *La proportion critique de miscibilité* sera 40 d'acide pour 100 de mélange.

Limite de l'eutectique. — Enfin, nous avons déterminé quels étaient les mélanges qui offrent un point d'arrêt à la température d'eutexie.

Nous avons construit, à cet effet, les courbes de refroidissement et de réchauffement. Seules, les solutions dont la teneur en acide est supérieure à 60 pour 100 donnent un point d'arrêt à — 13°,4. L'acide butyrique pur obtenu après cinq cristallisations fractionnées et fondant à — 3°,2 ne donne pas de point d'arrêt.

Conclusions. — La courbe de fusibilité, l'examen microscopique des solides obtenus ne décèlent pas l'existence d'hydrate d'acide butyrique.

Au-dessus de — 3°,8, les mélanges d'eau et d'acide butyrique normal sont miscibles en toutes proportions; au-dessous de cette température et pour des concentrations variant entre 25 et 60 pour 100 d'acide, les mélanges en surfusion ne sont pas homogènes.

Les solutions renfermant de faible quantité d'acide n'offrent pas de point d'arrêt à la température d'eutexie; seules les solutions renfermant plus de 60 pour 100 d'acide donnent un point d'arrêt à — 13°,4, température d'eutexie.

CHIMIE. — *Action de quelques agents oxydants sur le silicichloroforme.* Note de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

On sait que le mélange de vapeurs de silicichloroforme et d'oxygène ou d'air déflagre, sous l'action de la chaleur, par l'approche d'un corps enflammé ou par une étincelle électrique.

Cependant, on peut faire réagir l'oxygène d'une façon plus modérée en ayant recours, comme nous nous en sommes assurés, à l'action de la lumière solaire. A cet effet nous avons saturé à basse température, soit au voisinage de — 80°, du silicichloroforme avec du gaz oxygène pur et sec et nous avons scellé le tube dans lequel l'opération avait été faite : $SiHCl^3$ ne dissout pas l'oxygène en grande abondance, le point de saturation est rapidement atteint. Après exposition pendant plusieurs jours au soleil, on constate à l'ouverture du tube qu'il n'y subsiste pas d'oxygène, mais que ce gaz a été remplacé par HCl qui se dégage en abondance du liquide, surtout quand on le chauffe en vue de le distiller; après élimination de $SiHCl^3$, on constate l'existence d'un résidu notable formé d'oxychlorures de Si, dont nous avons pu notamment isoler l'oxychlorure bien connu Si^2Cl^6O. D'autres oxychlorures moins volatils se trouvaient en trop faible quantité pour qu'on pût songer à les isoler. On voit par là que l'oxygène exerce sur $SiHCl^3$ en présence de la lumière solaire une action analogue à celle qu'il exerce sur le chloroforme dans les mêmes circonstances.

L'ozone réagit très énergiquement sur $SiHCl^3$ et, tant pour éviter les explosions que pour diminuer les pertes par entraînement, il est utile de refroidir le récipient dans lequel la réaction s'effectue, à une température d'au moins 0°. Après plusieurs jours

de passage de l'oxygène ozoné, on constate que le liquide tient en suspension quelques flocons de silice, qu'on élimine par filtration sur de l'amiante; le liquide filtré soumis à la distillation renferme un grand excès de $SiHCl^3$ non attaqué et un résidu formé d'oxychlorures de Si, notamment Si^2Cl^6O qui a pu être séparé, et surtout une forte proportion d'oxychlorures à poids moléculaires élevés formant un liquide très visqueux; la séparation complète de ces derniers produits n'a pu être réalisée à cause de l'insuffisance de la quantité de matière, les oxychlorures supérieurs se séparant très difficilement par distillation et même par d'autres moyens; ils ne sont pas solidifiables sous l'action du froid (—80°), température où leur viscosité seule augmente.

Le protoxyde d'azote réagit sur $SiHCl^3$ avec une extrême violence; si l'on ajoute à du protoxyde d'azote refroidi par un mélange de glace et de sel un peu de silicichloroforme, on voit se former un liquide rouge, puis une violente explosion se produit qui pulvérise l'appareil, et quelles que soient les conditions du refroidissement, même lorsque les deux corps étaient refroidis tous deux dans un bain de neige carbonique et d'alcool, l'expérience a toujours eu la même conclusion, toutes les fois que nous avons voulu opérer directement sur de notables quantités de matière; il en a été de même quand nous avons tenté de faire arriver lentement des vapeurs de peroxyde d'azote dans $SiHCl^3$ refroidi dans un mélange de glace et de sel. Nous avons dû alors avoir recours à l'emploi d'un dissolvant et nous avons choisi le tétrachlorure de carbone; dès lors, on peut mélanger sans danger les solutions chlorocarboniques de AzO^2 et de $SiHCl^2$ refroidies vers — 20°. Il se dégage des vapeurs rouges de chlorure de nitrosyle dont une partie reste en dissolution au sein du liquide; celui-ci renferme également une masse gélatineuse de silice; on observe, soit aussitôt après la perfection de la réaction, soit quand on chauffe la masse en vue de la distiller, l'apparition d'un liquide plus léger que le dissolvant et qui, séparé par décantation, s'est montré formé d'une solution de HCl distillant à 108°-110°. Il en résulte que, en définitive, cette réaction, tout au moins effectuée dans ces conditions, est très banale, et les violentes explosions dont nous avons failli être victimes avec les produits en nature ne peuvent s'expliquer que par le dégagement de chaleur de la réaction et non pas par suite de la formation intermédiaire d'un corps explosif proprement dit; l'équation de la réaction pourrait dès lors se formuler

$$SiHCl^3 + 2AzO^2 = SiO^2 + 2AzOCl + HCl,$$

et l'eau formée résulterait d'une réaction accessoire de HCl sur AzO^2.

L'anhydride sulfurique réagit lentement à froid sur $SiHCl^3$, mais la réaction devient explosive si l'on chauffe à 100° les tubes scellés dans lesquels se trouve le mélange des agents; à l'ouverture des tubes il se dégage des gaz, et il reste un liquide visqueux. Si l'on condense au sein de la neige carbonique les produits gazeux de la réaction et qu'on fractionne d'une façon répétée le produit condensé, on constate que le liquide le plus volatil, qui paraît homogène en tube scellé à la température ordinaire, se sépare par refroidissement à — 80° en deux liquides superposés que nous avons pu ainsi séparer par décantation à cette température; la couche supérieure était formée presque exclusivement de $SiHCl^3$, et la couche inférieure de SO^2 liquide; il en résulte

que, malgré la différence assez considérable de points d'ébullition de ces deux corps (— 8° pour SO^2 et + 35° pour $SiHCl^3$), les vapeurs de SO^2 entraînent facilement celles de $SiHCl^3$, et les liquides condensés, peu solubles réciproquement à basse température, sont très solubles à température ordinaire.

Le liquide visqueux résiduaire chauffé en vue de la distillation se boursoufle avec violence soit par suite d'un complément de réaction ou d'une décomposition; il passe à la distillation un liquide oléagineux qui, redistillé à la pression ordinaire, distille presque totalement à 141°. C'est du chlorure de disulfuryle $S^2O^5Cl^2$; sans doute à la fin de cette distillation se trouve-t-il mélangé avec de petites quantités de chlorhydrine sulfurique $SO^2Cl — OH$, distillant à + 151°, et dont la séparation n'est pas aisée à effectuer; en tout cas c'est le premier de ces corps qui est en quantité prépondérante.

En poursuivant la distillation du produit brut sous pression réduite, il devient de plus en plus visqueux et abandonne péniblement, entre 100° et 200°, un liquide oléagineux qui se sépare parfois en deux couches; la couche inférieure, toujours formée de composés oxychlorés du soufre, renferment maintenant en dissolution de l'anhydride sulfurique par suite sans doute d'une décomposition partielle de ceux-ci sous l'action de la chaleur; la couche supérieure est formée par des oxychlorures de Si très condensés; dans cette réaction il nous a été impossible d'observer la formation d'oxychlorures de Si à faible poids moléculaire. Enfin, par un chauffage prolongé dans le vide jusqu'au point de ramollissement du verre, il reste une matière granuleuse blanche qui semble être de la silice retenant des oxychlorures de Si fixes ou peu volatils. Nous ajouterons qu'au cours d'une de nos préparations, alors que nous dirigions des vapeurs de SO^3 dans $SiHCl^3$, contenu dans un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités et refroidi par un mélange de glace et de sel, l'approche accidentelle d'un corps enflammé de l'ouverture du tube provoqua l'inflammation du mélange des vapeurs; malgré la suspension de l'arrivée des vapeurs de SO^3, la combustion se poursuivit pendant un temps assez long avec production d'abondantes fumées blanches et avec des crépitements; lorsqu'elle prit fin, nous observâmes que le liquide contenu dans le tube tenait en suspension des flocons bleu indigo qui se convertirent pendant les opérations faites en vue de les séparer en une masse visqueuse brunâtre; il est à présumer que cette observation se rapporte à la formation de sesquioxyde de soufre S^2O^3 qui résulterait de la réduction de SO^3 par $SiHCl^3$ à température élevée.

L'anhydride chromique fondu réagit modérément à température ordinaire sur $SiHCl^3$; il y a dégagement de HCl, formation de chlorure de chromyle en même temps que le liquide prend une teinte rouge sang. La réaction se poursuit et est complète si l'on chauffe à 100° en tubes scellés; il se forme un précipité brun kermès, tandis que la liqueur surnageante devient incolore; ce liquide, soumis à la distillation, renferme un excès de silicichloroforme, ainsi que des oxychlorures de Si dont le premier terme Si^2Cl^6O a été isolé. Quant au précipité brun, séparé, lavé avec CCl^4 et séché, il constitue une poudre brune très légère, très altérable à l'air, se dissolvant rapidement dans l'eau avec décomposition en donnant une liqueur dichroïque, verte par transparence, rouge vineux par réflexion; c'est un oxychlorure de chrome, répondant exactement à la composition Cr^3OCl^7.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Influence de l'état colloïdal sur la teinture.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. Armand Gautier.

Plusieurs colloïdes donnent avec l'eau des pseudo ou fausses solutions, dans lesquelles le colloïde existe à l'état de granules ou de micelles d'un très faible diamètre. Une des caractéristiques de ces substances est constituée par l'énorme développement de leur surface par rapport à leur volume ou à leur poids; c'est ainsi que 1^g de colloïde, de densité 1, en micelles supposées sphériques ayant comme diamètre $10^{\mu\mu}$, peut développer une surface totale de 600 mètres carrés.

Les textiles présentent également, mais à un degré moindre, cette particularité, que j'ai étudiée expérimentalement (*Comptes rendus*, 4 juillet 1898) et qui leur donne les propriétés des corps poreux.

Cette similitude de propriétés entre les textiles et les colloïdes permet de penser qu'il peut être utile, pour élucider le mécanisme des différents cas de la teinture, de déterminer les conditions dans lesquelles certains colloïdes peuvent être teints.

L'aptitude d'une substance déterminée, à la teinture directe au sein de l'eau, peut être mesurée de deux façons :

1° Par l'absorption de matière colorante que produit cette substance sur une solution aqueuse colorée qui est ainsi plus ou moins appauvrie en couleur;

2° Par la résistance de cette substance, préalablement teinte, à l'action décolorante de l'eau.

Il n'y a teinture directe, en effet, dans le sens technique, que si la solution colorée est appauvrie en matière colorante par la substance, et que si la nuance obtenue sur la substance est fixée et résiste plus ou moins à l'action décolorante de l'eau.

Expériences. — J'ai teint dans des conditions déterminées, avec trois matières colorantes, *roccelline* (acide), *fuchsine* (basique), *rouge Congo* (acide et basique, substantive), deux substances colloïdales : amidon et gélatine.

Ces deux substances colloïdes offraient cet avantage de différer notablement par leur constitution chimique : l'amidon possède, en effet, les propriétés d'un polyalcool, tandis que la gélatine appartient à la classe des aminoacides.

Il était donc possible d'étudier, avec ces colloïdes, l'attraction moléculaire (s'exerçant entre les molécules, au sens physique, de tous les corps) et l'attraction chimique, produite par les forces d'affinité proprement dites.

Formation des gelées. — J'ai déterminé les proportions d'amidon et de gélatine

devant être mélangées à de l'eau distillée chaude, pour obtenir, après refroidissement, des gelées consistantes.

L'amidon doit être employé dans la proportion de 5 à 6 pour 100 d'eau; la gélatine donne déjà des gelées consistantes, par refroidissement, avec la proportion de 0,85 de gélatine pour 100 d'eau.

Pour opérer dans des conditions comparatives, les gelées ont été préparées avec :

5g,5 amidon, chauffés au bain-marie, avec 100g d'eau distillée jusqu'à formation d'empois;

5g,5 gélatine, chauffés au bain-marie jusqu'à dissolution, avec 100g d'eau distillée.

Les poids étant complétés avec de l'eau distillée à 105g,5, le chauffage a été supprimé et les gelées abandonnées au refroidissement; après un jour de repos, elles sont (surtout celle de la gélatine) très consistantes.

Préparation des gelées teintes. — En substituant à l'eau distillée, dans les préparations précédentes, des dissolutions aqueuses dosées de matières colorantes, acidulées ou non, on obtient, par refroidissement, des gelées plus ou moins colorées; pour apprécier leur degré de teinture, j'ai soumis ces gelées colorées à l'action de l'eau froide.

Diffusion des gelées dans l'eau. — Chaque gelée colorée, d'un poids de 105g,5, a été mise à diffuser dans un grand poudrier bouché à l'émeri, avec 1000^{cm^3} d'eau distillée à la température ambiante. Cette eau s'est plus ou moins colorée; la coloration de cette eau, observée après 24 heures, donne une idée assez nette de la fixation de la matière colorante, c'est-à-dire de la teinture de la gelée; une gelée bien teinte reste colorée et ne cède rien ou presque rien à l'eau; une gelée simplement imprégnée d'eau colorée cède presque toute sa matière colorante en se décolorant plus ou moins complètement.

Les résultats sont très différents, suivant qu'on opère avec la gelée amidon ou la gelée gélatine.

Voici les colorations comparatives de 1000^{cm^3} d'eau distillée froide, en contact avec 105g,5 de gelée colorée, après 24 heures. Le type est formé par une solution purement aqueuse de 105g,5 contenant la même quantité de matière colorante que la gelée considérée, mélangée ensuite à 1000^{cm^3} d'eau distillée.

Roccelline (acide libre). Proportion pour 100 de gelée :

			$\frac{1}{1000}$.	$\frac{1}{4000}$.	$\frac{1}{10000}$.
Solution aqueuse de roccelline, type neutre........			100 rouge	100 rouge	100 rouge
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl.	100 rouge	100 rouge	80 rouge
Gelée gélatine	»	neutre........	1 rose	10 rose	25 rose
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl.	0 incolore	0 incolore	0 incolore
Gelée amidon	»	neutre........	75 rouge	50 rouge	25 rouge
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl.	75 rouge	50 rouge	0 incolore

Les gelées de gélatine sont fortement colorées en rouge, les gelées d'amidon sont colorées en rose.

Il faut remarquer, en comparant les résultats obtenus avec les gelées 1 pour 1000, 1 pour 4000, 1 pour 40 000, qu'avec des solutions très diluées (1 pour 40000), l'amidon et la gélatine se comportent de même; ce serait là une manifestation de l'*attraction moléculaire*.

Les différences s'accentuent avec les solutions 1 pour 4000 et 1 pour 40000; elles seraient dues à l'*action chimique*, beaucoup plus active pour la gélatine que pour l'amidon.

Fuchsine. Proportion pour 100 de gelée :

			1 pour 4000.	1 pour 40000.
Solution aqueuse de fuchsine, type		neutre	100	80
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl	100	100
Gelée gélatine	»	neutre	30	40
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl	30	40
Gelée amidon	»	neutre	60	30
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl	70	50

Dans les deux cas, l'amidon est rose, la gélatine est d'un violet très foncé; elle est d'un violet presque noir pour la proportion 1 pour 4000.

Rouge Congo (acide libre). Proportion pour 100 de gelée :

			1 pour 10000.
Solution aqueuse de Congo, type		neutre	100 rouge
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl	100 bleu précipité
»	»	alcal. $\frac{1}{10000}$ CO^3Na^2.	100 rouge
Gelée gélatine	»	neutre	0 eau incolore; gelée très rouge
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl	0 eau incolore; gelée très rouge
»	»	alcal. $\frac{1}{10000}$ CO^3Na^2.	0 eau incolore; gelée très rouge
Gelée amidon	»	neutre	5 rose; gelée rouge clair
»	»	acide $\frac{1}{10000}$ HCl	0 eau incolore; gelée violet bleu
»	»	alcal. $\frac{1}{10000}$ CO^3Na^2.	8 rose; gelée rouge

Conclusions. — Les gelées amidon se comportent comme le coton; les gelées gélatine, comme la laine et la soie.

Ces expériences montrent la double influence de l'attraction moléculaire, due à l'état colloïdal, et de la constitution chimique des gelées dans les teintures obtenues.

CHIMIE. — *Sur une nouvelle méthode d'isomérisation dans la série terpénique.* Note de M. Géza Austerweil, présentée par M. Roux.

I. Dans la chimie des terpènes, on s'efforce d'obtenir, *in vitro*, une série de réactions que la nature réalise dans les plantes, mais généralement cela

n'a pas lieu dans des conditions comparables à celles que les végétaux subissent. Ces réactions : oxydations, hydratations, isomérisations ou associations de ces réactions, se font à basse température, mais dans un milieu où règne une forte pression : la pression osmotique. C'est surtout le facteur *pression* qui a été négligé jusqu'ici dans les travaux chimiques faits dans cet ordre d'idées.

Nous trouvons, dans les exemples offerts par la nature, des indications très directes de l'influence de la pression sur la constitution des dérivés terpéniques. M. Pfeffer fait allusion au fait que, plus on s'approche de l'équateur, plus la pression osmotique dans les plantes augmente, probablement à cause de la concentration qui croît en raison d'une évaporation et d'une transpiration plus fortes; à cause aussi du changement de la gravitation, causé par le bourrelet équatorial. Nous savons aussi, depuis les travaux de M. Le Chatelier ([1]), que si nous comprimons un système chimique, l'équilibre est changé de façon que la réaction prépondérante devient celle qui est accompagnée d'une diminution de volume.

Des expériences, très instructives dans cet ordre d'idées, se trouvent dans quelques Notes publiées en ce qui concerne le *géraniol* et le *linalol;* M. Barbier et ses collaborateurs ont démontré au courant de leurs travaux, dans les années 1894-1896, que le linalol se transforme en géraniol quand on le chauffe avec de l'acide acétique, dans l'autoclave, à une température de 160° à 170° ([2]).

Cette réaction se fait aussi dans les plantes. MM. Charabot et Pillet ([3]) ont trouvé, dans une essence de petit-grain française, 5 parties de linalol pour 1 partie de géraniol. Ce produit provenait d'un lieu situé à une latitude nord de 44° à 45°. MM. Umney et Bennett ([4]) ont trouvé dans l'essence de petit-grain de provenance de l'Amérique du Sud (20° de latitude méridionale environ) 38 pour 100 de géraniol et 30 pour 100 de linalol. Donc dans la même plante, poussant à la fois et dans la zone méditerranéenne et dans la zone tropicale, on peut trouver une différence dans la constitution de l'essence obtenue, différence qui est marquée par la prépondérance du produit plus dense dans les zones chaudes, les densités respectives pour les deux corps étant, pour le linalol, D : 0,871, et, pour le géraniol, D : 0,883.

Le même cas se présente pour l'essence de lavande (*L. stœchas*). L'essence de lavande anglaise, récoltée vers le 55° de latitude nord, ne contient

---

([1]) Voir Le Chatelier, *Les équilibres,* p. 210

([2]) Charabot, *Parfums artificiels,* p. 90.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, t. XXI, p. 74

([4]) *Pharm. Journ.*, t. XVIII, 1904, p. 217.

que du linalol et ses éthers (¹). L'essence de lavande française, récoltée à 44° de latitude, dans une zone plus chaude, où la pression osmotique peut être considérée comme supérieure, contient aussi du géraniol (²).

II. Une réaction analogue a été étudiée par l'auteur en ce qui concerne l'hydratation du pinène.

Si l'on soumet le pinène à la réaction de MM. Bouchardat et Lafont (³), en le chauffant dans des tubes scellés, ou dans un autoclave, avec un acide organique, on obtient un rendement en éthers de bornyle, et en conséquence en bornéol, qui n'atteint guère que 18 pour 100 de la théorie. Si l'on chauffe à des températures très élevées pour avoir une pression plus haute, on produit des résinifications. Mais si, au lieu de chauffer à une température trop forte, on ne dépasse pas la limite du commencement de la résinification et, par contre, si l'on introduit avant le chauffage dans l'autoclave, à l'aide d'un gaz inerte, une pression initiale, supérieure à celle que le mélange pinène-acide aurait pu atteindre à la température où il était maintenu, on obtient un rendement en bornéol bien supérieur et variable avec la pression. Cette réaction, de nature expérimentale, peut être facilement expliquée à l'aide des lois de la thermodynamique. Le bornéol obtenu est optiquement actif; son pouvoir rotatoire est du même signe que celui du pinène qui a servi de matière première.

La façon d'opérer est la suivante : 1^{mol} de pinène et 2^{mol} d'un acide organique à point de fusion élevé sont mélangées et chauffées, comme il a été décrit plus haut, à une température se rapprochant de 200° et à une pression artificielle de quelques atmosphères, obtenue avec une bombe d'acide carbonique. Après quelques heures de chauffage, on laisse refroidir sous pression et l'on entraîne le limonène formé par un courant de vapeur ; les éthers de bornyle, peu volatils avec la vapeur, ne sont pas entraînés. On saponifie ensuite ces éthers à l'aide d'un alcali alcoolique, et l'on entraîne le bornéol ainsi formé par un courant de vapeur d'eau.

Pour obtenir de bons rendements, les produits employés doivent être absolument exempts d'eau; ainsi, on n'emploie que du pinène distillé plusieurs fois sur du calcium métallique, tandis que l'acide employé doit être fondu au préalable pour le débarrasser de toutes traces d'eau. Une petite quantité de l'anhydride de l'acide employé améliore encore les rendements.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sous-oxydes de cæsium.* Note de M. E. **Rengade**, présentée par M. Le Chatelier.

Des sous-oxydes de métaux alcalins ont été mentionnés à différentes reprises, en particulier par Gay-Lussac et Thénard (⁴), et plus récemment

(¹) Semmler et Tiemann, *Ber. d. chem. Ges.*, t. XXXV, p. 1186.

(²) Schimmel et Cie, *Bulletin semestriel*, 1898, t. I, p. 32.

(³) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 755.

(⁴) Gay-Lussac et Thénard, *Recherches physicochimiques*, t. I, p. 125.

par M. de Forcrand [1] qui obtint, par combustion incomplète du sodium dans l'air sec, une substance grise dont la composition répondait sensiblement à la formule Na^3O. Les propriétés de tous ces sous-oxydes étaient les mêmes que celles d'un mélange de métal et de protoxydes, et les circonstances dans lesquelles ils étaient obtenus ne permettaient pas d'affirmer l'existence de composés définis.

D'ailleurs, les recherches récentes qui m'ont conduit à l'isolement des protoxydes des métaux alcalins [2] démontrent que le mélange de ces protoxydes et d'un excès du métal correspondant possède une tension de vapeur très voisine de celle du métal pur. En sorte que la distillation dans le vide de pareils mélanges, même à des températures peu élevées, conduit toujours au protoxyde, et que s'il existe des sous-oxydes, leur chaleur de formation à partir du protoxyde et du métal, calculée d'après la loi de Trouton modifiée par M. de Forcrand [3], doit être très faible, ce qui exclut la possibilité de démontrer par des expériences thermochimiques l'existence de pareilles combinaisons.

En mettant à profit la solubilité des protoxydes dans le métal alcalin, on pouvait espérer résoudre la question par l'étude des diagrammes de fusibilité des mélanges à proportions variables de protoxyde et de métal : la Note présente est relative au système cæsium-protoxyde de cæsium.

Le métal alcalin, soigneusement purifié, était introduit dans un appareil en verre d'Iéna où l'on faisait le vide à la trompe à mercure. On laissait entrer ensuite des quantités mesurées d'oxygène pur, en observant après chaque addition la loi de refroidissement ou de réchauffement du système à l'aide d'un couple fer-constantan, relié à un galvanomètre très sensible, dont on enregistrait photographiquement les déviations [4].

Les courbes obtenues au refroidissement ne sont guère utilisables, à cause de l'existence presque constante d'une forte surfusion et de la lenteur avec laquelle s'établissent certaines transformations. On obtient des résultats bien meilleurs en enregistrant les courbes de réchauffement : les paliers relatifs aux eutectiques ou aux températures de transformation sont alors très nets, et il est facile d'en évaluer l'importance d'après la méthode de Tammann.

---

(1) R. de Forcrand, *Comptes rendus*, t. CXXVII, 1898, p. 364 et 514.

(2) E. Rengade, *Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 592 et 1152; t. CXLIV, 1907, p. 753.

(3) De Forcrand, *Comptes rendus*, t. CXXXII, 1901, p. 879.

(4) Le galvanomètre enregistreur est construit par la maison Chauvin et Arnoux.

L'appareil était refroidi au moyen de neige carbonique et d'acétone, et réchauffé ensuite suivant les cas, soit à l'aide d'eau tiède, soit en l'introduisant dans un bloc d'aluminium qu'on chauffait au moyen d'un brûleur à gaz, ce qui donnait une élévation de température lente et très régulière. Pour empêcher la volatilisation du cæsium au delà de 50°, on opérait dans une atmosphère d'azote.

Le diagramme ci-contre, dans lequel on a porté en ordonnées les températures et en abscisses les proportions d'oxygène exprimées en fraction d'atome d'oxygène pour 2^{at} de cæsium, montre l'existence de quatre combinaisons définies moins oxygénées que le protoxyde Cs^2O : la première, de formule Cs^7O, fusible à +3° (point maximum de la courbe); les trois autres, se transformant successivement les unes dans les autres et dans le protoxyde aux trois points de transition E(+10°), F(+50°) et G(+170°). L'importance des paliers de transformation est maximum respectivement pour les teneurs de $0^{at},50$, $0^{at},57$ et $0^{at},66$ d'oxygène, ce qui fixe les formules de ces trois oxydes Cs^4O, Cs^7O^2, Cs^3O. On observe deux eutectiques : *bBb'*, à −2°, correspondant au mélange $Cs + Cs^7O$, et *cCc'*, à −8°, relatif au système $Cs^7O + Cs^4O$. L'existence de ce dernier ne se manifeste d'ailleurs qu'après un refroidissement de plusieurs heures. Si l'on ne refroidit que quelques instants, et qu'on observe ensuite le réchauffement, on trouve un nouvel eutectique *dDd'*, à −12°, relatif au système $Cs^7O + Cs^7O^2$, équilibre labile, mais qui ne se transforme que lentement en $Cs^7O + Cs^4O$. Dans ce cas bien entendu on n'observe plus la transformation *Ee* à +10°, ce qui est une vérification : la branche ED est le prolongement de la branche FE [1].

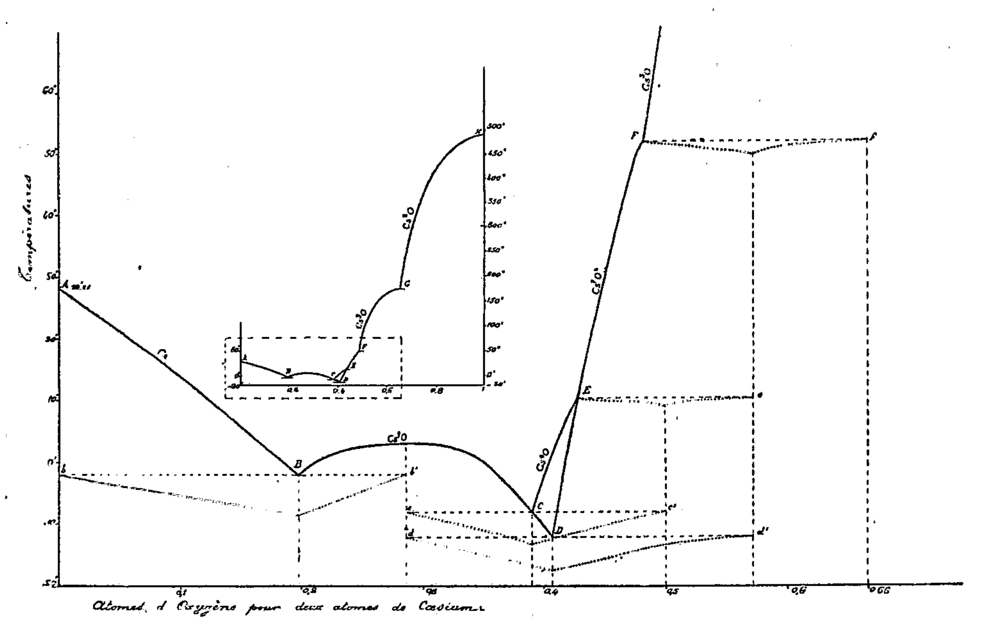
Il est possible d'isoler des cristaux à peu près purs de l'oxyde Cs^7O^2. On y parvient en centrifugeant dans le vide, à la température ordinaire, un mélange à 0,47-0,48 d'oxygène. On sépare ainsi d'un excès de liquide mordoré des cristaux en forme de longs prismes striés, rappelant assez comme forme et comme couleur le permanganate de potasse. Leur analyse se fait très facilement en les chauffant dans le vide de manière à sublimer le métal en plus du protoxyde, et faisant le rapport $\frac{\text{Cs sublimé}}{\text{Cs du protoxyde}}$. On a trouvé ainsi comme composition $Cs^{7,2}O^2$, ce qui montre bien qu'on est en présence

---

(1) Le point de fusion A du cæsium rigoureusement pur, mesuré à l'aide d'un thermomètre à mercure de précision, a été trouvé de +28°,25. Eckard et Grœfe avaient donné (*Zeit. anorg. Chem.*, t. XXIII, 1900, p. 378) une température plus basse d'environ 2°, probablement par suite d'impuretés ou de traces d'oxyde dans leur métal.

Le point de fusion H du protoxyde de cæsium déterminé dans ces expériences a été également vérifié sur des cristaux de Cs^2O purs. Il est de 490° environ. Il faut opérer, pour observer la fusion, dans une atmosphère d'azote. On sait que dans le vide le protoxyde se décompose avant de fondre en métal et bioxyde.

de cristaux de Cs^7O^2 mouillés par un peu de liquide plus riche en métal alcalin. On pourrait évidemment isoler d'une manière analogue les autres sous-oxydes, par des centrifugations effectuées dans des enceintes à températures convenables.



Il est intéressant de remarquer que les quatre sous-oxydes dont l'existence vient d'être démontrée possèdent des formules incompatibles avec la monovalence considérée généralement comme caractéristique des métaux alcalins. On sait du reste que des observations analogues peuvent être faites relativement à beaucoup d'autres combinaisons métalliques binaires.

MINÉRALOGIE. — *Contribution à l'étude des roches de la bordure orientale du massif armoricain.* Note de M. L. **Vandernotte**, présentée par M. A. Michel Lévy.

La partie de la feuille géologique de Laval étudiée par M. Œhlert indique à proximité de la bordure méridionale du massif granitique de Saint-Denis-de-Gâtines, à 1^{km} environ au nord d'Ernée, une masse assez importante de diabase andésitique ε^5; en outre, de nombreux filons de diabase quartzifère ε sont portés sur la carte, avec une orientation générale N-O; ils traversent les massifs de Saint-Denis-de-Gâtines et d'Alexain.

L'étude que j'ai faite de la région d'Ernée, d'après les indications de M. Œhlert, est aujourd'hui assez avancée pour me permettre d'en faire connaître les principaux résultats aux points de vue minéralogique et chimique.

Le massif d'Ernée représente quelques kilomètres carrés; il émerge au milieu de schistes métamorphiques classés comme précambriens par M. Œhlert; il se prolonge vers le Nord jusqu'au granite de Saint-Denis-de-Gâtines; il est traversé par quelques filons d'aplite et de granulite à tourmaline orientés NO-SE, reconnus par M. Œhlert.

Bien que la roche ait une tendance prononcée à ophitisme, les feldspaths ne sont qu'exceptionnellement aplatis suivant g^1, de sorte que la dénomination de diabase ne saurait être maintenue; celle de gabbro convient mieux en raison de l'aspect xénomorphe des feldspaths; elle est plus en harmonie avec la forme du gisement qui semble être une masse intrusive et non un faciès d'épanchement.

La roche présente des types différents parmi lesquels deux ont une importance exceptionnelle en raison de leur fréquence. L'un est le gabbro normal, constitué presque exclusivement de plagioclases et d'augite; l'autre est un gabbro à olivine. J'ai trouvé en outre des affleurements où l'augite est remplacé en grande partie par de l'hypersthène, c'est-à-dire un gabbro passant à la norite; d'autres gisements sont plus ou moins quartzifères ou micacés; quelques-uns passent à la diorite.

Le gabbro à olivine constitue, à lui seul, près de la moitié du massif d'Ernée; il est surtout réparti dans la région centrale et à l'Ouest; le gabbro normal se trouve dans la partie Nord et vers la périphérie; le gabbro-norite se montre surtout au contact des deux autres; les types quartzifères ou micacés, de même que la diorite, se rencontrent surtout en bordure de tout le massif.

Exceptionnellement, la roche montre des variations de structure en passant à des types microgrenus (microgabbros et microdiorites) et à des types diabasiques, par aplatissement des feldspaths suivant g^1; ce cas ne se présente qu'à la périphérie. J'ai même trouvé à la bordure S-O du massif un affleurement microgrenu inclinant à une roche microlitique d'allure filonienne. Une plaque fournie par M. Œhlert en montre un autre à la bordure N-O.

Au point de vue macroscopique, la roche présente l'aspect ordinaire des gabbros; le péridot est rarement visible à l'œil nu; le pyroxène rhombique, au contraire, se reconnaît nettement par suite de son éclat bronzé.

L'étude microscopique montre accessoirement, dans le gabbro normal, de la magnétite, de la pyrite et, assez rarement, du sphène secondaire. Le labrador, à 57 pour 100 d'anorthite, est le feldspath dominant; toutefois,

sa teneur en anorthite peut s'élever à 68 pour 100. Le pyroxène est fréquemment ouralitisé; dans ce cas, l'amphibole secondaire prend généralement le facies actinolitique.

Le gabbro à olivine est souvent ophitique; le péridot s'y présente en grains arrondis; la biotite s'y montre accessoirement. La teneur des plagioclases, en anorthite, varie de 55 à 70 pour 100; cependant, certains échantillons contiennent plutôt de la bytownite; assez fréquemment, les feldspaths sont zônés; ils ne sont pas altérés, en général; l'olivine s'altère souvent en serpentine, en antigorite, et, au contact des plagioclases, en un minéral secondaire radié fibreux.

Le gabbro-norite est presque toujours ophitique; la teneur des plagioclases en anorthite y varie de 45 à 60 pour 100; l'augite s'associe souvent avec le pyroxène rhombique; cette association constitue de très intéressants cristaux synthétiques : au centre, hypersthène, puis hypersthène et augite en structure eutectique ayant cristallisé simultanément, et, à la périphérie, une mince chemise d'augite pur. Accessoirement, la roche montre de la biotite, du quartz, de la magnétite.

Les diabases sont généralement quartzifères ; les minéraux accessoires y sont l'olivine, l'amphibole, la magnétite. Les échantillons recueillis à la bordure méridionale du massif montrent que les feldspaths deviennent plus basiques, avec apparition de l'orthose.

La roche microlitique filonienne est une andésite quartzifère très pyriteuse.

Souvent les différents types de roches, gabbros ou autres, portent les traces de phénomènes dynamiques ; les feldspaths notamment ont leurs mâcles déplacées et ondulées dans un même individu.

Au point de vue chimique, j'indique, dans le Tableau ci-dessous, la composition centésimale des trois types les plus importants, d'après les analyses de Pisani :

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	H^2O.	TiO^2.	Total.
Gabbro normal..	51,30	18,20	1,28	5,10	9,35	12,79	1,80	0,25	0,31	0,32	100,70
Gabbro à olivine.	48,70	17,95	0,76	6,48	8,20	13,36	1,90	0,47	0,70	1,18	99,70
Gabbro-norite...	53,50	15,01		9,45	7,05	10,30	2,50	0,52	0,50	1,63	100,46

Les calculs de paramètres magmatiques de M. Michel Lévy fournissent, pour ces trois roches, les résultats suivants :

	$\Phi = \frac{\text{S sal}}{2k+3n}$.	$\Upsilon = \frac{k}{n}$.	$\Psi = \frac{F}{m}$.	$\upsilon = \frac{F}{c+c'}$.
Gabbro normal.....	5,47	0,13	0,64	0,47
Gabbro à olivine...	5,08	0,24	0,73	0,45
Gabbro-norite.....	3,53	0,20	1,10	0,75

Par suite, le gabbro normal constitue un magma dont la fumerolle est

tonalitique et persodique; la fumerolle du gabbro à olivine est tonalitique et mégasodique; celle du gabbro-norite est granito-dioritique et, à la limite des deux divisions, persodique et mégasodique; pour tous les trois, la scorie est magnésienne et microcalcique. Le pourcentage en anorthite des feldspaths, calculé par la méthode abrégée de M. Michel Lévy, indique respectivement pour les trois roches: 72 pour 100, 70 pour 100, 56 pour 100.

Le calcul de la composition virtuelle, d'après la méthode américaine, conduit aux paramètres ci-après:

	$\frac{\text{sal}}{\text{fem}}$.	$\frac{\text{quartz}}{\text{feldspaths}}$.	$\frac{K^2O + Na^2O}{CaO}$.	$\frac{K^2O}{Na^2O}$.	An pour 100.
Gabbro normal..	1,32	0	0,22	0,103	73
Gabbro à olivine.	1,38	0	0,25	0,161	70
Gabbro-norite...	1,22	0,05	0,44	0,120	58

Ainsi, les trois roches appartiennent à la classe III (Salfemanes), ordre V, rang IV, subrang III. Ce seraient des auvergnoses, voisines des gabbros, diorites, diabases, basaltes de Californie, Minesata, etc., et des ariégites de l'étang de Lherz étudiées par M. Lacroix en 1899.

AGRICULTURE. — *Sur l'emploi rationnel des superphosphates.* Note de M. **J. Dumont**, présentée par M. L. Maquenne.

On sait depuis longtemps que les supersphosphates incorporés au sol, à l'automne ou au printemps, rétrogradent avec rapidité en présence des matières terreuses pour former surtout des phosphates polycalciques ou des phosphates de sesquioxydes moins facilement assimilables. Nous avons montré, toutefois, que dans les milieux riches en humus une fraction de l'acide phosphorique soluble échappe à la rétrogradation minérale et vient se fixer sur les substances organiques humifiées ([1]). Ne conviendrait-il pas, dès lors, au point de vue pratique, de combattre les mauvais effets des *actions rétrogradantes* par l'association préalable des supersphosphates et du fumier bien fermenté ?

Il ne s'agit pas ici du *phosphatage des fumiers* fait en vue d'éviter les pertes d'azote ammoniacal : pratique condamnable, en principe, puisqu'elle tend à détruire les carbonates alcalins qui participent à l'humification

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 435.

et à la production de la matière noire ; mais seulement de favoriser la formation des *humophosphates* par l'action du phosphate monocalcique sur les humates solubles qui sont toujours abondants dans l'engrais de ferme passé à l'état de *beurre noir*. Un pareil mélange, effectué au moment de transporter le fumier dans les champs, doit modifier très utilement la nature, la composition et la richesse des substances humiques, parce que la fraction de *matière noire* précipitée se trouve considérablement enrichie en composés phosphohumiques actifs.

Les expériences culturales effectuées à la station agronomique de Grignon, pendant plusieurs années consécutives, justifient pleinement cette manière de voir, et c'est pourquoi nous croyons utile d'en faire connaître les résultats généraux.

Quatre parcelles semblables, d'une homogénité aussi parfaite que possible, reçurent en février 1907 une fumure mixte correspondant, par hectare, à 30000^{kg} de fumier et à 600^{kg} de superphosphate minéral. Sur deux d'entre elles, ces engrais furent appliqués séparément, comme on le fait d'habitude; sur les autres, on associa le superphosphate au fumier quelques jours avant l'épandage. Après avoir enfoui les engrais pour un labour ordinaire, on cultiva sur ces parcelles des plantes sarclées : betteraves demi-sucrières à collet rose et pommes de terre Institut de Beauvais. A la récolte, on obtint par hectare (*en kilogrammes*) les rendements suivants :

	Betteraves demi-sucrières.		Pommes de terre Institut.	
	Racines.	Matière sèche.	Tubercules.	Matière sèche.
1° *Engrais mélangés.*				
Série A	66800	10915	47600	12432
Série B	58160	9306	46000	12080
2° *Engrais séparés.*				
Série A	67600	8817	46000	11684
Série B	56400	8663	42000	11037

Dans un cas seulement le poids global des racines (betteraves de la série A) est un peu inférieur; mais il convient de remarquer qu'elles sont plus riches en matière sèche et en sucre (1 pour 100 en plus), de telle sorte que l'excédent de matière sèche ou de substances nutritives s'élève à plus de 2000^{kg} par hectare, avec une moyenne générale de 1370^{kg}. Pour les pommes de terre tous les rendements sont plus forts : la moyenne des excédents, en faveur des engrais mélangés, atteint 2800^{kg} à l'hectare.

L'année suivante, en 1908, les mêmes parcelles furent consacrées à la culture des céréale, le blé Bordier succédant aux betteraves et l'avoine d'Etampes aux pommes de terre. Les récoltes se ressentirent manifestement des fumures antérieures, et nous constatâmes par hectare les rendements ci-après, exprimés en *quintaux métriques*.

Ici encore les excédents sont à l'avantage des engrais mélangés : ils s'élèvent en

moyenne, pour le grain seul, à 350^{kg} pour le blé (soit une plus-value de 80^{fr}) et à 550^{kg} pour l'avoine (soit une plus-value de 99^{fr} par hectare).

	Blé Bordier.		Avoine d'Étampes.	
	Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
1° *Engrais mélangés.*				
Série A	35,2	120,8	51	117
Série B	27,8	92,8	56	116
2° *Engrais séparés.*				
Série A	30,4	116,8	48	112
Série B	25,6	88,4	48	108

Il résulte visiblement de l'ensemble de ces expériences :

1° Que les agriculteurs auraient tout intérêt à employer les superphosphates en mélange avec le fumier de ferme, puisque la plus-value des récoltes ainsi obtenues constitue un bénéfice supplémentaire pouvant atteindre une centaine de francs par hectare.

2° Que la grande valeur fertilisante des engrais à base de matière noire dépend surtout de leur richesse en humophosphates. Cette constatation ressort, non seulement de l'inégale efficacité des fumures que nous avons employées, mais encore de ce fait que, seule, l'association du superphosphate au fumier présente des avantages réels. En répétant les mêmes essais avec les scories de déphosphoration et les phosphates naturels, nous n'avons jamais observé des différences de rendement appréciables ni constantes : les phosphates insolubles n'exercent aucune action sur la matière noire.

Pratiquement, dans les régions où le fumier est pauvre en acide phosphorique, partout où s'impose l'emploi des engrais phosphatés à titre complémentaire, la culture devra s'appliquer à accroître la richesse des fumiers par une addition de superphosphate. Il y a là un moyen commode d'assurer, dans tous les cas, l'efficacité de l'acide phosphorique soluble, indépendamment de la nature même des sols auxquels il peut être destiné; mais pour obtenir des résultats appréciables il faut traiter de préférence un fumier très décomposé, c'est-à-dire riche en humates, et lui incorporer une dose massive de superphosphate, afin de fournir aux cultures printanières, sous forme d'un mélange plus concentré, l'acide phosphorique dont elles ont besoin. A cet égard, nous estimons que 1000^{kg} de *beurre noir* peuvent recevoir et retenir 75^{kg} à 100^{kg} de superphosphate ordinaire.

BIOLOGIE. — *Rapport des Insectes, notamment des Lépidoptères, avec les fleurs des Asclépiadées et en particulier avec celle de l'*Araujia sericofera *Brotero. Mécanisme de leur capture.* Note [1] de M. **J. Künkel d'Herculais.**

Les observations sur le rôle que les Insectes paraissent jouer dans la fécondation des Asclépiadées sont fort nombreuses; les botanistes ont appelé l'attention sur la faculté qu'ont les Hyménoptères, les Lépidoptères, les Diptères visitant leurs fleurs d'emporter les pollinies et ont fait ressortir l'importance de leur intervention; toutefois quelques naturalistes ont été frappés du fait que souvent les Insectes sont capturés par les fleurs, celles-ci les retenant en général par les pièces buccales; aussi les Asclépiadées ont-elles reçu les appellations de *plantes cruelles* ou de *plantes souricières*.

Les opinions émises sur la manière dont s'opère la capture des insectes, sur la force qu'ils doivent déployer pour enlever les pollinies, sur les causes qui déterminent la mort de ceux qui demeurent captifs étant fort contradictoires, de nouvelles observations nous ont paru nécessaires.

Dans la République Argentine nous avons rencontré dans les environs de Buenos-Ayres une Asclépiadée, l'*Araujia sericofera* Brotero, en pleine floraison (décembre et janvier), et nous avons pu, à maintes reprises, assister au spectacle qu'offrait la capture des Insectes, notamment des Lépidoptères, qui, malgré tous les efforts, ne pouvaient se dégager; pendus par la trompe, ces suppliciés étaient condamnés après une longue agonie à mourir misérablement. En inspectant journellement les *Araujia*, j'ai pu faire une véritable collection de Lépidoptères diurnes ou nocturnes de la région.

Comment la fleur de l'*Araujia*, et des Asclépiadées en général, opère-t-elle la capture des Insectes? Les observateurs sont loin d'être d'accord. Les uns ont admis que ceux-ci étaient retenus au moyen d'une matière glutineuse sécrétée par certaines parties de la fleur, spécialement par le *rétinacle*; d'autres ont prétendu que le rétinacle possédait un pouvoir sensitif et contractile; il en est qui ont attribué la capture à une action mécanique qui résulterait d'une disposition spéciale de la fleur, les expansions lamellaires de deux étamines voisines fonctionnant « comme des pinces ne lâchant pas prise »; pour quelques-uns l'action mécanique des organes floraux serait indépendante de tout mouvement; mais, pour ceux-ci, l'appareil de capture serait constitué exclusivement par la coulisse interstaminale, pour ceux-là par le rétinacle seul. Nos observations et études, en précisant le rôle des expansions staminales et celui du rétinacle, nous permettent d'assurer que la capture s'effectue par une action mécanique passive.

---

[1] Reçue dans la séance du 26 avril 1909.

Voici exactement comment fonctionne le piège des fleurs d'Asclépiadées. Les expansions lamellaires de deux étamines voisines recouvrant les nectaires laissent entre elles un espace libre élargi à la base, mais se rétrécissant bientôt étroitement jusqu'à la partie supérieure; ces expansions ont la consistance du bois le plus dense et leurs bords rigides limitent une coulisse des mieux établies. A l'extrémité de cette coulisse se trouve placé le rétinacle (*Corpusculum* des Anglais; *Schwarzkörper* ou *Klemmkörper* des Allemands); celui-ci, de coloration noire et de consistance xyloïde, a la forme d'une gouttière dont les bords supérieurs très rapprochés laissent entre eux une fente étroite élargie à la partie inférieure, plus rétrécie à la partie supérieure; cette fente est axée sur la coulisse staminale. Étant donnée la constitution florale des Asclépiadées, chaque fleur possède donc cinq coulisses staminales et cinq rétinacles; ce qui met à sa disposition cinq appareils propres à la capture des insectes. Lorsqu'une fleur vient de s'épanouir et que ses nectaires sont gorgés, le Papillon peut introduire ainsi sa trompe jusqu'à la cavité nectarifère; mais, quand il veut la retirer, la partie moins grosse qui suit l'extrémité renflée s'engage dans la coulisse interstaminale, et, au fur et à mesure qu'elle gagne la partie supérieure de plus en plus étroite, elle s'y trouve de plus en plus resserrée et finit par être immobilisée; le Papillon est alors à jamais capturé. Lorsque la fleur est épanouie depuis quelque temps et que le nectar est moins abondant, le Papillon qui tente de s'échapper peut engager sa trompe non seulement dans la coulisse interstaminale, mais encore dans la fente du rétinacle qui opère le serrage par son élasticité propre; il est alors doublement capturé. Lorsque la fleur est arrivée à sa maturité, le Papillon peut dégager sa trompe sans péril et enlève alors le rétinacle avec ses pollinies. Il est à remarquer que c'est à cette dernière période que les visites des Lépidoptères et autres Insectes sont moins fréquentes.

D'après une opinion accréditée, les Insectes de petite et moyenne tailles, ne pouvant faire un effort suffisant pour se délivrer, demeureraient seuls captifs; on admet par contre que les Insectes de forte taille sont capables de se libérer; il n'en est rien; on s'étonnera que les puissants Sphingides, même le *Pholus labruscæ* Lin., de l'Amérique du Sud, dont l'envergure mesure près de 12^{cm}, doués d'une grande force musculaire, au vol planant soutenu, soient incapables de vaincre les résistances; on supposait que leur capture n'était que temporaire (Giard, 1893); elle est réellement permanente et définitive dans les conditions exposées ci-dessus.

Plusieurs opinions ont cours sur les causes de la mort des insectes saisis par leurs

pièces buccales ; ils périssaient ou d'inanition ou d'épuisement, ou d'inanition et d'épuisement, ou bien par suite de l'absorption de sucs vénéneux contenus dans les laticifères ou dans des cellules spéciales, les Insectes en se débattant déchirant les tissus floraux (P. Dop, 1904). Nous avons constaté que les Papillons demeurés captifs dans leurs efforts pour s'échapper imprimaient à leur corps des mouvements de giration qui avaient pour conséquence de provoquer la torsion de la trompe et la disjonction des deux maxilles qui la constituent. Cherchant à nous rendre compte de la façon dont la trompe est fixée dans la coulisse interstaminale, nous avons vu qu'elle était engagée de manière que tout mouvement de son extrémité était rendu impossible, et que, par conséquent, la dilacération des tissus floraux était impraticable. C'est d'ailleurs par hypothèse que Darwin (1869) et H. Müller (1873) ont admis que les Lépidoptères sont susceptibles de perforer les tissus nectarifères; seuls les *Ophidérides* (J. Künckel d'Herculais, 1875) et les *Ophiusides* (Barett, 1900; C.-W. Melly, 1900) ont la trompe transformée en instrument de perforation capable de percer la peau des fruits et même de tarauder celle des oranges (*Ophidères*) dans les régions chaudes du globe.

En réalité, les insectes capturés, Papillons, Abeilles, etc., meurent d'épuisement et de faim devant une table bien servie.

Une conclusion d'ordre général à tirer de ces observations, c'est que le rôle des Insectes dans la fécondation des Asclépiadées est infiniment moins important que celui que leur attribue la plupart des naturalistes.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Des corps indologènes de l'urine.* Note de M. Ch. Porcher, transmise par M. A. Chauveau.

L'indol et le scatol, mis en liberté dans l'intestin par suite d'une dislocation microbienne des matières protéiques, s'éliminent, partie en nature par les excréments, partie par l'urine sous la forme de chromogènes propres à chacun d'eux. Les seules matières albuminoïdes susceptibles de fournir de l'indol et du scatol sont celles qui renferment le groupement tryptophane, caractérisé synthétiquement par Ellinger comme un acide indol-3-aminopropionique.

L'attaque bactérienne du tryptophane ne peut commencer que lorsque celui-ci a été détaché de la molécule protéique par la digestion trypsique.

Le tryptophane, injecté sous la peau, apparaît dans l'urine sous forme d'acide kynurique (Ellinger) : celui-ci est le produit du métabolisme régulier des cellules de l'organisme ; aucune intervention microbienne n'est ici en jeu. Il en est de même quand le tryptophane est administré par la

bouche. Dans ce cas, en effet, son absorption en nature a lieu rapidement, soit dans l'estomac, soit dans les premières portions de l'intestin grêle ; de ce fait, il échappe à une dislocation bactérienne qui ne saurait tarder si, son absorption étant ralentie, il était porté plus avant dans les dernières portions de l'intestin grêle ou le gros intestin. Ceci nous explique pourquoi certains aliments riches en tryptophane (fibrine, viande) dont l'ingestion est suivie d'une forte indoxylurie donnent cependant une augmentation de l'acide kynurique urinaire; celui-ci correspond à la partie du tryptophane qui, libérée de bonne heure par la trypsine, a été absorbée avant d'être l'objet d'une attaque bactérienne. Ce sont donc deux actions aseptiques, la première diastasique, la deuxième cellulaire, qui séparent le tryptophane de la molécule protéique et le transforment en acide kynurique ; par contre, c'est un processus septique, microbien, qui le brise en morceaux plus petits dont le skatol et l'indol sont les termes ultimes.

Mais la décomposition du tryptophane sous l'influence des microbes protéolytiques en milieu aérobie ou anaérobie est graduelle ; avant d'en arriver aux termes les plus simples, skatol et indol, nous trouvons qu'elle fournit une série de composés intermédiaires : acide indolpropionique et acide indolacétique bien connus depuis E. Salkowski et Nencki, et nous ajouterons acide indolcarbonique.

Ces acides, après leur absorption, ne contribuent nullement à augmenter l'indoxyle urinaire; c'est dire que l'organisme n'en détache pas purement et simplement la chaîne latérale. C'est ce que, expérimentalement, nous avons constaté avec l'indolcarbonique β.

L'urine qui fait suite à l'absorption de ce dernier chez des chevreaux allaités ou des chiens nourris à la soupe de pain ne contient pas d'indoxyle. Mais, si on la distille, *les eaux de condensation renferment une forte proportion d'indol,* qu'il est facile de caractériser dans un extrait éthéré par la réaction d'Ehrlich à la *p*-diméthylaminobenzaldéhyde, le spectre de la couleur obtenue dans cette réaction et la production d'indoxyle par l'action de l'eau oxygénée (Ch. Porcher).

En dehors de ces conditions expérimentales, les urines normales d'homme, de chien, de cheval, etc., donnent toutes également, mais en moindre quantité, de l'indol quand on les distille. C'est là un fait sur lequel Jaffé (*Archiv f. Exp. Path. u. Pharm. Schmiedeberg Festschr.*, oct. 1908) vient d'appeler l'attention et que mes recherches, depuis longtemps en cours, permettent de confirmer. Les composés indologènes de l'urine sont particulièrement abondants dans l'urine du cheval, de la vache; le régime de la viande chez le

chien en augmente considérablement le taux, alors que celui de la soupe au pain l'abaisse. L'urine des animaux allaités n'en renferme souvent pas; en tous cas, la production d'indol lors de leur distillation est des plus réduites et seule la réaction si sensible d'Ehrlich permet de l'apprécier.

La défécation par les acétates de plomb, neutre, basique et ammoniacal, le chlorure mercurique, l'acide phosphotungstique n'entraînent pas du tout ou que partiellement ces composés indologènes; seul, l'azotate mercurique les précipite totalement.

L'ingestion de skatol, comme j'ai pu également le voir ainsi que Jaffé, provoque une augmentation des corps indologènes urinaires. Les flocons de rouge skatolique précipités de l'urine par l'acide hydrofluosilicique, bien purifiés et mis en suspension dans l'eau, donnent de l'indol à la distillation. En milieu acide, il y a un dégagement concomitant de CO^2; en milieu alcalin, la production d'indol est plus rapide et plus abondante.

L'indol qui passe à la distillation des urines ne provient pas d'indol libre, car avec Hervieux j'ai montré que l'ingestion de doses même très élevées d'indol ne donnaient pas lieu à une élimination urinaire en nature de ce composé; il ne dérive pas non plus des composés indoxyliques. Nous pensons qu'il faut considérer l'acide indolcarbonique comme le principal des corps indologènes de l'urine; mes expériences ci-dessus portent à l'admettre. Cet acide indolcarbonique de l'urine dériverait tout à la fois de l'acide indolcarbonique formé dans l'intestin et des acides indolacétique et indolpropionique dont l'organisme simplifierait par oxydation la chaîne latérale acide pour ne laisser subsister que le CO^2H.

Il y a tout lieu de croire également que dans la décomposition lente du rouge skatolique, avec production d'indol, pendant la distillation, il se fait transitoirement de l'acide indolcarbonique.

Dans l'intestin, il est rationnel de concevoir que la décomposition bactérienne du tryptophane peut s'arrêter aux acides indolpropionique, acétique et carbonique, et ne pas aller par suite jusqu'à l'indol; dans ces conditions, l'urine ne contiendra que des corps indologènes en très faible quantité, il est vrai, mais pas d'indoxyle. C'est ce que l'on observe généralement dans le régime lacté.

En résumé, le tryptophane se retrouve dans l'urine sous trois formes dont les proportions relatives varient avec la nature de l'aliment, l'énergie des sucs digestifs et l'état plus ou moins sceptique de l'intestin. Une partie, soustraite à la destruction microbienne, empruntera la forme d'acide kynurique; l'autre donnera des composés indologènes et des dérivés indoxyliques; la proportion relative des uns et des autres dépendra de ce que la dislocation du tryptophane aura été poussée plus ou moins à fond. Les composés indologènes, au même titre que les dérivés indoxyliques, mais à un degré moindre, nous semble-t-il, sont donc également l'indice de l'existence de phénomènes putréfactifs dans l'intestin.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la bilirubine*. Note de M. **M. Piettre**, présentée par M. Roux.

On sait que la bilirubine est éliminée directement par les voies biliaires, sauf cependant chez certains animaux, le cheval en particulier, dans le sang duquel elle circule normalement.

C'est à l'état de bilirubine libre qu'on la retrouve dans le sang, comme permet de le constater un simple épuisement du plasma par le chloroforme.

Dans la bile elle peut exister sous trois formes : de pigment libre, de combinaison avec des alcalins ou des alcalino-terreux. Ce dernier état, extrêmement rare au niveau des fins canalicules biliaires, est surtout fréquent dans les canaux de gros calibre et dans la vésicule biliaire. Ce sont ces composés alcalino-terreux qui forment les calculs biliaires par dépôts successifs autour de corps étrangers, débris cellulaires, flocons fibrineux, parasites (cadavres de distomes).

Fréquemment une faible partie de bilirubine reste à l'état libre dans les calculs biliaires; dans certains cas même la totalité est à cet état.

I. Au cours de plusieurs milliers d'examens de vésicules biliaires nous avons trouvé deux exemples bien typiques à cet égard.

Il s'agissait d'organes contenant des masses dont le poids s'élevait jusqu'à 120^g et totalement recouvertes de bilirubine. Aplaties, de surface et d'épaisseur très irrégulières, ces masses, par leur structure fibrineuse et leur coloration profonde, avaient pour origine certaine d'anciens caillots sanguins. Au point de vue pigmentaire elles présentaient à l'examen une épaisse couche de bilirubine sur toute la surface et ses plissements, dans les parties centrales une coloration due à de l'hémoglobine, enfin entre les deux zones un mélange des deux pigments.

Cette coexistence des deux pigments nous a fait penser à la possibilité d'une transformation de l'hémoglobine en bilirubine dans la vésicule biliaire et par suite dans les voies d'excrétion biliaire.

En collaboration avec M. Magne, nous avons réalisé une première série d'expériences pour vérifier cette hypothèse.

Un lapin et trois chiens ont reçu dans la vésicule, après expulsion de son contenu par simple pression, des quantités de sang de leur espèce variant de 2^{cm^3} à 18^{cm^3}. Sacrifiés de 4 à 6 mois après, nous avons retrouvé chez 3 de ces sujets des traces d'inoculation; dans la vésicule du lapin, cinq caillots pesant $0^g,292$; dans celle d'un chien, huit petits caillots irréguliers d'un poids de $0^g,067$; enfin, dans celle d'un

deuxième chien, au lieu de caillots, un sable jaune orangé formé de cristaux caractéristiques de bilirubine.

Négative dans le cas seulement du lapin, la recherche de la bilirubine a été nettement positive dans les deux expériences sur le chien.

II. Connaissant les procédés antérieurs d'extraction de la bilirubine des calculs biliaires, nous nous sommes arrêtés à la technique suivante, qui permet d'isoler méthodiquement les diverses substances colorées.

Les calculs biliaires de Bovidés sont finement pulvérisés, puis épuisés au bain-marie à 70°-80° par une solution d'HCl à 10 pour 100. Après filtration, on lave à neutralité et l'on sèche à l'étuve à 40°. La matière broyée à nouveau est mise dans un appareil Soxhlet. A l'abri de la lumière, comme le recommandent Ornorpp et Teeple, on épuise d'abord par l'éther, puis par l'alcool méthylique fort jusqu'à ce qu'il ne se colore plus en vert, enfin par le chloroforme anhydre.

L'éther dissout les acides gras, graisses neutres, cholestérines, lécithines, etc.; l'alcool méthylique, les acides biliaires et le pigment vert.

Le chloroforme entraîne par ordre de solubilité :

1° Une substance solide à reflets mordorés, très soluble dans le chloroforme, possédant les bandes fondamentales de la bile (1);

2° Une poudre rouge orangé, cristallisée, sans bandes spectroscopiques, considérée jusqu'à présent comme de la bilirubine.

Or, nous avons constaté que, par un travail de fractionnement, cette matière peut se scinder en plusieurs substances de coloration allant du rouge brique au jaune de chrome. Reprenant les hypothèses de Küster sur la pluralité des pigments rouge orangé, nous avons déjà isolé puis caractérisé notamment deux termes de la série à la fois par leur coloration, leur teneur en azote et leur solubilité dans le chloroforme.

La substance la plus soluble dans le chloroforme correspond à la notion qu'on a de la bilirubine : c'est une matière rouge orangé foncé, bien cristallisée en tables rectangulaires, dont la teneur en azote est de 9,3 et 9,4 pour 100 et la solubilité de 1^g dans 718^g et 734^g de chloroforme.

Le composé moins soluble possède une couleur jaune de chrome : il est cristallisé en très petits cristaux; teneur en azote, 9,7 et 9,8 pour 100; solubilité, 1^g dans 780^g et 795^g.

En présence de ces faits, nous proposons de nommer cette deuxième substance *biliflavine*.

Cette distinction en bilirubine et biliflavine s'harmonise d'ailleurs très

---

(1) Piettre, *Comptes rendus*, avril 1908.

bien avec les différences de colorations qui existent entre certains calculs biliaires, les uns étant rouge orangé, d'autres nettement jaunes.

III. L'analyse élémentaire a été pratiquée sur le mélange des deux substances; elle a donné les résultats suivants :

C.	H.	N.
65,62	5,9	9,45
66,4	6,02	9,54
66,72	5,88	

De même, l'ensemble bilirubine et biliflavine a été soumis à l'hydrolyse alcaline, d'après la méthode appliquée par M. Vila et nous-mêmes à l'hématine cristallisée ([1]), et a donné une substance sensiblement incolore, non azotée, ayant la consistance d'un acide gras.

L'analyse de ce corps donne :

C.	H.
72,19	12,62
71,85	12,50

Le rendement s'élève à 20 pour 100.

Il s'agit d'une substance très voisine de celles que nous avons signalées, M. Vila et nous, pour l'hématine cristallisée et l'acéthémine de Nensky et Sieber.

Conclusion. — Dans les deux pigments les plus importants de l'organisme, il existe donc à côté du noyau azoté, qui a seul retenu l'attention jusqu'ici, une chaîne grasse importante dont la connaissance permet de rattacher d'une façon intime pigment sanguin et pigment biliaire.

PHYSIOLOGIE CHIMIQUE. — *Action des électrolytes sur le dédoublement des graisses par le suc pancréatique.* Note de M. **Émile-F. Terroine**, présentée par M. Dastre.

Il n'existe actuellement que quelques faits isolés relativement à l'action des sels sur le dédoublement des graisses par la lipase pancréatique. Pottevin ([2]) a signalé une action activante de différents sels alcalino-terreux

([1]) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, novembre 1905.

([2]) Pottevin, *Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 767.

sur le dédoublement de l'huile par la poudre de pancréas; Lœwenhart et Peirce (¹) assignent au fluorure de sodium un rôle empêchant spécifique vis-à-vis des lipases; enfin Magnus (²) a constaté une action accélérante du sulfate de manganèse sur le suc pancréatique. Étant donnée l'importance que les travaux des dernières années ont attribuée aux électrolytes dans les actions diastasiques, il était nécessaire d'étudier systématiquement l'action des sels sur le dédoublement des graisses. Le suc pancréatique de secrétine (chien) a été utilisé dans ces recherches. Toutes les expériences ont été faites avec des sels plusieurs fois recristallisés. La technique suivie est, d'une manière générale, semblable à celle précédemment décrite (³).

I. *Action des sels de sodium.* — Nous avons comparé entre eux différents sels de sodium : chlorure, bromure, iodure, fluorure, azotate, sulfate, oxalate. Les mélanges, qui diffèrent entre eux uniquement par la nature et la concentration de l'électrolyte ajouté, sont mis à digérer au thermostat à 40°. Les résultats, pour la série des sels halogénés, sont clairement exprimés par les chiffres ci-dessous, représentant la quantité en centimètres cubes de NaOH $\frac{N}{20}$ nécessaires pour neutraliser chaque mélange après une digestion de 6 heures 35 minutes.

Concentration saline.	Na Cl.	Na Br.	Na I.	Na F.
0	4,1	4,1	4,1	4,1
$\frac{N}{300}$	5,5	8,2	8,0	9,9
$\frac{N}{60}$	13,4	13,5	12,6	13,3
$\frac{N}{20}$	13,4	13,5	14,7	10,0
$\frac{N}{7,5}$	14,2	15,8	16,3	»
$\frac{N}{3}$	16,8	13,1	10,1	»
$4\frac{N}{3}$	6,5	3,8	1,5	»
2 N	5,6	2,3	1,1	»

Les azotate, sulfate, oxalate de soude se comportent d'une manière analogue à celle du chlorure. Les phénomènes sont identiques si l'activité lipasique du suc est préalablement augmentée par addition de sels biliaires.

(¹) Lœwenhart et Peirce, *Journ. of Biolog. Chemistry*, t. II, p. 397.

(²) Magnus, *Zeits. f. physiol. Chemie*, t. XLVIII, p. 376.

(³) L. Kalaboukoff et Émile-F. Terroine, *Comptes rendus*, 19 octobre 1908.

De ces premiers faits il ressort que : 1° à des concentrations qui se rencontrent normalement dans l'intestin, le chlorure de sodium peut accélérer notablement l'activité lipasique du suc pancréatique; 2° le retard occasionné par l'addition de fluorure n'a rien de spécifique; chaque sel accélère ou retarde suivant sa concentration; entre l'action des chlorure, bromure, iodure et fluorure, il n'existe que des différences dans les concentrations qui agissent, et non dans la nature même des actions.

II. *Action comparée des métaux alcalins et alcalino-terreux.* — Les métaux étudiés ont été employés à l'état de chlorure; les résultats d'une expérience sont rapportés ci-dessous :

Concentration saline.	Na Cl.	K Cl.	$MgCl^2$.	$BaCl^2$.	$CaCl^2$.
0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
$\frac{N}{120}$	8,3	9,3	12,7	13,4	9,1
$\frac{N}{30}$	9,2	11,0	11,4	11,9	9,8
$\frac{N}{15}$	12,5	11,5	10,7	9,4	5,3

Le sodium et le potassium ont une action à peu près identique; le magnésium et le baryum accélèrent pour des concentrations moindres, mais ils retardent aussi pour des concentrations plus faibles; l'action accélérante du calcium est presque nulle.

III. *Par quoi peut s'expliquer l'action des électrolytes?* — Tous les électrolytes étudiés agissent donc d'une manière semblable en provoquant une accélération du dédoublement des graisses par le suc pancréatique, puis un retard au delà de certaines concentrations. Pouvait-on attribuer ces deux phénomènes (retard et accélération) à une action sur l'émulsion; de petites doses de sels favorisant cette émulsion, de grosses doses la précipitant?

a. L'action retardante ne peut pas s'expliquer ainsi; en effet, elle se retrouve identique lorsque l'émulsion des mélanges est rendue parfaite par une agitation constante pendant tout le cours de la digestion; elle existe également lorsqu'on étudie le dédoublement d'éthers ou glycérides solubles, ainsi que le montrent les résultats ci-dessous obtenus lors du dédoublement de la triacétine.

b. Bien que les sels n'accélèrent pas l'hydrolyse des éthers solubles, l'action accélératrice qu'ils exercent vis-à-vis de l'hydrolyse des graisses ne peut pas non plus s'expliquer uniquement par une homogénéisation des mélanges en digestion; en effet, lors d'une digestion d'huile, les mélanges contenant des sels ne sont pas mieux émulsionnés que les autres; de plus, si la digestion s'opère pendant une agitation constante,

l'accélération, quoique plus faible, persiste; enfin, on observe cette même accélération lors du dédoublement d'une graisse solide.

Concentration saline.	Na Cl.	Na Br.	Na I.	Na F.
o	4,0	4,0	4,0	4,0
$\frac{N}{75}$	3,9	3,3	2,8	0,8
$\frac{N}{3}$	3,9	2,8	1,7	»
$4\frac{N}{3}$	3,6	1,5	0,4	»
3 N	3,0	1,1	1 goutte	»

Le rôle des électrolytes ne peut donc pas se comprendre par une simple action sur l'émulsion. Quel est alors le mode de leur action? Modifient-ils, par une sorte de mordançage exercé sur le corps à dédoubler, la répartition du ferment entre la phase aqueuse et la phase huileuse des mélanges en digestion? Agissent-ils sur la solubilité ou la diffusion des produits formés? Leur action s'exerce-t-elle directement sur le ferment? Des expériences en cours nous apporteront peut-être quelque éclaircissement à ce sujet.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherche sur l'hydrolyse des protéines par les acides.* Note de **Henri Mathieu**, présentée par M. Dastre.

L'objet de ces expériences est de rechercher la *forme* présentée par la *dégradation* de la molécule des *protéines*, quand on les hydrolyse par les acides, et de comparer l'*activité* hydrolysante de différents acides.

La réaction carbaminique de Siegfried ([1]), qui a servi de mode d'analyse, établit un coefficient X caractéristique de la nature des acides aminés; il est égal à 1 pour les produits suivants : glycocolle, sarcosine, alanine, phénylalanine, leucine, etc., égal à 4 pour l'orginine.

Or dans l'hydrolyse des protéines, la destruction des polypeptides les plus complexes, en polypeptides plus simples et en acides aminés, doit correspondre à une formation de composés présentant un nombre de plus en plus grand de groupements AzH^2 libérés, ainsi qu'il se rencontre dans les acides

([1]) Voir Siegfried, *Zeitsch. für phys. Chem. von Kossel*, t. XLIV, 1905, p. 85; t. XLVI, 1905, p. 401. — Siegfried et Neumann, *Id.*, t. LIV, 1908, p. 423. — Siegfried et Liebermann, *Id.*, t. LIV, 1908, p. 437.

aminés, et donnant un coefficient X; la formation de ces composés sera révélée par la variation du coefficient X. Avec la gélatine, par exemple, donnant comme produit terminaux ([1]) : 16,5 pour 100 de glycocolle; 1 pour 100, alanine; 2 pour 100, leucine; 5 pour 100, proline; 3 pour 100, oxyproline; 3 pour 100, phénylalanine; 0,6 pour 100, acide aspartique; 14 pour 100, acide glutamique; 6 pour 100, lysine; 9,3 pour 100, arginine; le coefficient X variera depuis un nombre élevé (voisin de 10) jusqu'à un nombre supérieur à l'unité de quelques dixièmes.

Tableau des valeurs de X *pour :*

	H^2SO^4.	$C^2O^4H^2$.		H^2SO^4.	$C^2O^4H^2$.			H^2SO^4.	$C^2O^4H^2$.			H^2SO^4.	$C^2O^4H^2$.	
Temps.	$\frac{1^{mol},55}{2}$.	$1^{mol},55$.	Temps.	$\frac{1^{mol},55}{2}$.	$1^{mol},55$.	$\frac{1^{mol},55}{4}$.	Temps.	$\frac{1^{mol},55}{2}$.	$1^{mol},55$.	$\frac{1^{mol},55}{4}$.	Temps.	$\frac{1^{mol},55}{2}$.	$1^{mol},55$.	$\frac{1^{mol},55}{4}$.
$0^h.5^m$	6,4	»	$2^h.50^m$	2,56	»	»	$9^h.30^m$	»	2,4	4,5	28^h	»	1,67	»
0.15	5,9	7,9	3	»	3,7	»	10	1,76	»	4,5	30	1,41	1,6	»
0.25	5,16	»	3.10	2,33	»	»	11	1,65	2,4	3,85	31	1,36	»	»
0.30	»	5	3.40	2,2	»	»	12	»	1,9	»	40	»	»	3,1
0.35	4,8	»	4	»	3	»	15	1,65	»	»	45	»	1,6	2,5
0.50	4,1	3,7	4.40	2,2	»	»	16	1,6	»	»	50	1,36	1,5	»
1. 5	3,43	»	5	1,9	»	5,2	18	»	»	3,85	51	1,3	»	»
1.20	3,2	»	6	»	3	4,5	19	1,6	»	3,1	55	»	»	2,5
1.35	3	»	6.15	»	2,6	»	20	1,54	»	»	60	»	»	2,2
1.50	2,82	»	7	1,9	»	»	23	1,54	1,9	»	80	»	»	2,2
2.10	2,56	»	8	1,76	2,6	»	24	1,41	1,67	»				

Tableau des valeurs de X *pour* $1^{mol},55$ *d'acide par litre.*

Temps.	HCl.	Temps.	HCl.	Temps.	H^2SO^4.	HCl.	Temps.	H^2SO^4.	HCl.	Temps.	H^2SO^4.	HCl.
$0^h.5^m$	5,35	$1^h.0^m$	2,4	$3^h.45^m$	»	1,67	$9^h.45^m$	»	1,46	21^h	»	1,24
0.10	5	1.40	2,4	4	1,62	»	10	»	1,41	23	1,22	»
0.15	4,5	1.50	1,94	4.40	»	1,67	11	1,38	1,32	24	1,12	»
0.20	4,4	2.30	1,94	4.50	»	1,6	12	1,27	»	30	»	1,24
0.30	4,08	2.40	1,85	5.45	»	1,6	18	1,27	»	31	»	1,16
0.40	3,5	2.50	1,72	6	1,38	1,48	19	1,22	»	35	»	»
0.50	2,85	3.40	1,72	6.15	»	1,46	20	»	1,32			

([1]) Voir Fischer, Levene, Aders, *Zeitsch. für phys. Chem. von Kossel*, t. XXXV, 1902, p. 70. — Kossel et Kutscher, *Id.*, t. XXXI, 1900, p. 203. — Fischer, *Ber. d. deut. chem. Ges.*, t. XXXV, 1902, p. 2660. — Horbaczewski, *Sitz. Ber. Wiener Akad.*, 1879, p. 780.

Expériences. — Les expériences ont été faites dans cinq conditions d'acidité différentes, avec $HCl - H^2SO^4 - C^2O^4H^2$ à la concentration de $1^{mol},55$ par litre; avec H^2SO^4 à une concentration deux fois moindre; avec $C^2O^4H^2$ à une concentration quatre fois moindre; et, pour que les résultats soient comparables, à une température constante : 100°.

10^g de gélatine sont dissous dans suffisamment d'eau à chaud pour en faire une solution sans grumeaux; on y ajoute alors une quantité d'acide calculée pour que le volume total étant de 100^{cm^3}, l'acidité corresponde à $1^{mol},55$ par litre ou la moitié ou le quart. On chauffe alors pendant un temps déterminé au bain-marie bouillant avec réfrigérant ascendant; l'expérience terminée, on ajoute quelques gouttes de phtaléine en solution dans l'eau de chaux, on neutralise avec un lait de chaux, on étend à 300, ou essore à la trompe. Dans le liquide filtré on prélève 10^{cm^3} qu'on dilue à 50, on refroidit dans la glace, on ajoute 10^{cm^3} de lait de chaux également refroidi à 0° et l'on fait passer un courant de CO^2 jusqu'à disparition de la couleur rouge; on ajoute alors suffisamment de lait de chaux pour que la couleur rouge réapparaisse; on fait passer une seconde fois le courant de CO^2, on ajoute du lait de chaux, on fait passer une troisième fois le courant de CO^2, on ajoute du lait de chaux, on agite et on laisse reposer; si la couleur rouge disparaît, on ajoute de nouveau du lait de chaux, on filtre à la trompe; le liquide filtré est transvasé dans un erlenmeyer contenant de 100^{cm^3} à 150^{cm^3} d'eau distillée privée de CO^2.

On le bouche avec un tube à chaux sodée, on porte à l'ébullition, on laisse reposer plusieurs heures, le liquide devant rester franchement rouge. On filtre le $CaCO^3$ dans un creuset de Gooch taré; on dose l'azote dans le liquide filtré par la méthode de Kjeldahl; le coefficient X est donné par le quotient du poids obtenu de $CaCO^3$ et du nombre de centimètres cubes d'AzH^3 $\frac{1}{10}$ normale obtenus.

Conséquences. — On construit des courbes en portant les temps en abscisses et en ordonnées les valeurs de X; on voit que :

Les courbes ne sont pas continues; les nouveaux groupements détachés par l'hydrolyse se forment par intermittences; dans la démolition progressive de la molécule, les polypeptides plus simples et les acides aminés se détachent successivement, au fur et à mesure que leur résistance à l'hydrolyse est vaincue par une action de l'acide d'une durée suffisante dans les conditions de température de l'expérience. Quel que soit l'acide, la *manière* dont se fait cette dégradation est toujours la même.

A même acidité, HCl et H^2SO^4 ont une activité très différente : l'état atteint après 11 heures d'hydrolyse chlorhydrique ne l'est qu'après 50 heures d'hydrolyse sulfurique; de même avec H^2SO^4 et $C^2O^4H^2$, l'état atteint après 4 heures d'hydrolyse sulfurique ne l'est qu'après 30 heures d'hydrolyse oxalique.

A même concentration moléculaire, les acides forts HCl et H^2SO^4 ont une activité identique, mais l'acide oxalique a une activité infiniment

moindre. Enfin, dans une hydrolyse déterminée, l'établissement de ces courbes permettra de *suivre* la marche de cette hydrolyse, d'éviter la *mélanisation* des hydrolyses prolongées et de choisir l'acide qui paraîtra le plus convenable et à la concentration la plus favorable.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Mécanisme de la synthèse des impressions lumineuses recueillies par les yeux composés des Diptères.* Note de M. **P. Vigier**, présentée par M. Joannes Chatin.

Dans des Notes antérieures [1] j'ai montré :

1° Que les ommatidies des Diptères sont aptes à recevoir l'impression de petites *images renversées;*

2° Que ce fait est en contradiction avec la théorie classique de la *vision en mosaïque;*

3° Qu'une difficulté fondamentale pour la combinaison de ces multiples images ou photogrammes partiels en un photogramme continu réside dans le *renversement* de ces petites images, qui ne peuvent, quelque rapprochées qu'on les suppose, se fondre en une image unique;

4° Que c'est dans l'appareil ganglionnaire de l'animal, et non dans l'œil composé, que se réalise cette synthèse.

L'étude attentive des voies de transmission et des ganglions optiques, étude que j'ai poursuivie sur un grand nombre d'Insectes appartenant à des ordres différents, m'a permis de reconnaître le trajet des fibres qui unissent les éléments photo-récepteurs aux centres visuels, et de préciser le mode suivant lequel les excitations transmises correspondant aux petites images renversées recueillies par les ommatidies, se combinent en une image unique.

Cette synthèse se fait, chez les Diptères brachycères (Muscides, Syrphides, Tabanides, etc.) que je prends pour exemple, dans la première masse ganglionnaire (*périopticum*) située au-dessous de l'œil composé.

Comme je l'annonçais dans l'une des Notes mentionnées plus haut (14 octobre 1907), il se produit « au niveau du périopticum, une fusion des excitations semblables recueillies par des rhabdomères différents appartenant à des ommatidies voisines, et, par suite, une réduction du nombre des fibres conductrices ». Voici par quel procédé :

La rétinule de chaque ommatidie de Diptère comprend sept tigelles photo-réceptrices ou rhabdomères, dont l'extrémité périphérique coïncide avec le plan focal sur lequel se forme l'image projetée par la cornéule. Ces rhabdomères sont juxtaposés en un

---

(1) *Comptes rendus*, 16 septembre et 14 octobre 1907.

faisceau étroit; l'un d'eux en occupe l'axe et les six autres la périphérie. J'ai déjà signalé la symétrie et la constance de leurs rapports réciproques dans toutes les ommatidies d'une même région de l'œil. Ces rapports sont tels que, les facettes ou cornéules étant régulièrement hexagonales, chacun des six rhabdomères périphériques d'un faisceau est orienté vis-à-vis d'un des côtés (et non des angles) de l'hexagone.

D'autre part, les axes optiques divergeant très légèrement d'une ommatidie à l'autre, les champs visuels de celles-ci sont partiellement communs. Considérons un groupe de sept ommatidies. L'ommatidie située au centre du groupe reçoit sur son aire photoréceptrice une petite image renversée, qui provoque sept excitations distinctes, puisqu'elle vient au contact d'un faisceau de sept rhabdomères indépendants. En raison de la communauté partielle des champs visuels, le point central de cette image figure également dans les images des six ommatidies voisines, mais il occupe dans chacune d'elles une position différente : il est décentré par suite de la divergence des axes ; et, puisque les images sont renversées, les rhabdomères atteints par ce point identique, commun aux sept photogrammes ommatidiens, sont : le *rhabdomère axial* dans l'ommatidie centrale, le *rhabdomère le plus éloigné* de celle-ci dans chacune des ommatidies périphériques du groupe considéré.

Ces rhabdomères qui correspondent à des points identiques des images ommatidiennes et qui, par conséquent, reçoivent la même impression lumineuse, sont *physiologiquement homologues :* différents quant à leur topographie anatomique, ils sont équivalents au point de vue de l'optique géométrique et de la physiologie. Leur position est déterminée d'une façon précise et invariable par la distribution régulièrement hexagonale des ommatidies, qui me paraît être également la cause de la fixité du nombre sept des rhabdomères chez les Diptères.

Chacun des autres points de l'image est de même répété sept fois dans sept ommatidies différentes et reçu par sept rhabdomères homologues.

Comment se combinent les excitations correspondantes ?

Chaque rhabdomère appartient à une cellule rétinulaire, véritable *neurone,* dont le pied s'effile en une fibre nerveuse ou *axone rétinulaire,* qui s'échappe de l'œil à travers la membrane fenêtrée et gagne la lame ganglionnaire sous-jacente ou *périopticum.* Les sept fibres rétinulaires d'une même ommatidie sont, à leur sortie de l'œil, réunies en un faisceau, dont j'ai réussi, après de nombreuses imprégnations par les techniques de Golgi et de Bielschowsky, à suivre le trajet jusqu'à sa terminaison.

Bientôt ce faisceau ommatidien, formé de fibres qui transmettent des excitations différentes, se dissocie suivant un mode des plus curieux : le faisceau est tordu, il pivote de 180° environ autour de son axe, puis ses fibres s'écartent et se mettent en rapport avec d'autres fibres venant des ommatidies voisines, pour constituer avec elles, dans le périopticum, ces singulières formations appelées par Viallanes des *neurommatidies,* mais dont la signification n'a pas été jusqu'ici reconnue. J'ai montré [1] que ces formations sont « le lieu où s'établissent, par des rapports de contiguïté, les connexions entre les premiers éléments de la chaîne que représente le tractus optique de l'œil composé ».

---

(1) *C. R. Soc. biol.,* 30 mai 1908.

Les fibres qui s'assemblent ainsi en neurommatidies sont précisément les sept fibres conductrices d'excitations identiques provenant d'ommatidies voisines. Ce rapprochement se fait par convergence vers la fibre axiale de l'ommatidie centrale du groupe considéré tout à l'heure, des fibres homologues qui sont les plus éloignées de celle-là dans les six ommatidies voisines. Le même phénomène se produit pour toutes les ommatidies, chacune d'elles étant, à son tour, le centre d'un groupe de sept. Il en résulte un mouvement de rotation de tous les faisceaux de fibres rétinulaires autour de leur axe, mouvement par lequel *les fibres provenant des rhabdomères homologues se conjuguent en des groupes isodynamiques qui sont les neurommatidies.*

A ce niveau, les excitations semblables fusionnent : elles sont en effet transmises aux *neurones périoptiques* (généralement au nombre de deux) qui passent dans l'axe de chaque neurommatidie et gagnent par le chiasma externe l'épiopticum. Ainsi se fait une réduction des voies optiques, puisque les excitations apportées par sept fibres rétinulaires sont totalisées par deux fibres périoptiques. Mais cette réduction n'entraîne aucune perte qualitative des ébranlements transmis; car seules fusionnent des excitations semblables provenant de points identiques des petites images renversées.

Par ce processus, qui exige une très grande complication organique, se réalise, dans l'ensemble du périopticum, une *innervation* dont les diverses parties présentent des rapports réciproques semblables à ceux des différents points d'une image totale et continue de l'objet; mais c'est une image nerveuse, un *neuro-photogramme,* combien différent de l'image en mosaïque que les partisans de la théorie de J. Müller prétendent voir se former dans l'œil composé lui-même!

Ce *neuro-photogramme périoptique* est droit, c'est-à-dire de même sens que l'objet. Il ne représente que le premier stade dans la transmission des excitations recueillies par les yeux composés. Étant donnée la multiplicité des photo-réceptions qui entrent dans sa constitution, il a assurément une valeur fonctionnelle supérieure à celle de l'image en mosaïque de Müller.

ZOOLOGIE. — *La ponte des* Aphelinus *et l'intérêt individuel dans les actes liés à la conservation de l'espèce.* Note de M. **Paul Marchal**, présentée par M. Yves Delage.

L'*Aphelinus mytilaspidis* Le Bar. est un minuscule Hyménoptère Chalcidien de teinte jaune citron qui peut être considéré comme l'un des para-

sites les plus efficaces parmi ceux qui servent à limiter la multiplication des Cochenilles du groupe des Diaspides et en particulier des *Aspidiotus* nuisibles aux arbres fruitiers.

J'ai observé la ponte de cet Insecte à la fin de mai et à partir de la fin de juillet jusqu'au commencement d'août, à l'intérieur de l'*Aspidiotus ostreæformis* parvenu à l'état d'Insecte parfait. Cette ponte s'accompagne de manœuvres singulières qu'il me paraît intéressant de décrire avec quelques détails.

Avant de pondre, l'Hyménoptère se place vers le centre du bouclier, qui recouvre et abrite complètement chacune des Cochenilles, puis il avance lentement vers sa périphérie en imprimant un léger mouvement de balancement latéral à son corps et en palpant avec les antennes; arrivé au bord, il recule assez brusquement vers le centre et, à diverses reprises, recommence dans d'autres directions radiales la même manœuvre sans quitter la Cochenille. Le but de ces singuliers préliminaires paraît être d'explorer l'*Aspidiotus* pour savoir s'il se trouve dans les conditions requises pour la ponte et, peut-être aussi, de choisir dans cet *Aspidiotus* un point approprié au dépôt de l'œuf qu'il doit introduire. En juillet, il arrive que beaucoup de boucliers n'abritent que des *Aspidiotus* desséchés, qui ont été tués par des parasites de la génération précédente et les *Aphelinus* sont obligés d'en visiter beaucoup avant d'en trouver un qui soit bon pour la ponte; en général, d'ailleurs, ils ne stationnent pas longtemps sur ces *Aspidiotus* desséchés et, après les avoir explorés par quelques mouvements de translation du centre à la périphérie, ils les abandonnent.

Lorsque, par contre, l'*Aphelinus* a trouvé un *Aspidiotus* vivant, il se met à l'explorer assez longuement suivant la méthode indiquée ci-dessus, puis enfonce sa tarière de façon à percer complètement le bouclier. La tarière, d'abord faiblement engagée, finit par pénétrer en totalité, de sorte que le ventre du parasite arrive en contact avec le bouclier de la Cochenille, et la tarière reste ainsi engagée quelques minutes. L'Hyménoptère la retire alors, recule légèrement, puis applique sa tête au niveau de la piqûre et se met à lécher l'imperceptible plaie. Il recommence ensuite à enfoncer sa tarière et, de nouveau, la piqûre est suivie de la même manœuvre.

J'ai vu ainsi l'un d'entre eux piquer huit fois le même *Aspidiotus* et chaque fois porter sa tête à l'endroit de la blessure pour lécher le liquide qui devait sourdre à ce niveau : sans interruption, il piqua et lécha alternativement pendant environ 45 minutes jusqu'au moment où je m'en emparai pour le déterminer avec certitude. Le nombre de coups de tarière donnés par l'*Aphelinus* dans le même *Aspidiotus* est du reste fort variable. Parfois il ne dépasse pas deux ou trois; mais il peut être aussi beaucoup plus grand.

Il est bien certain que chaque coup de tarière ne répond pas au dépôt d'un œuf;

car je n'ai rencontré qu'une fois deux œufs d'*Aphelinus* dans un *Aspidiotus,* sur lequel un de ces Hyménoptères s'était exercé, suivant sa manœuvre accoutumée, pendant 1 heure. Dans d'autres cas, il m'a été impossible de découvrir l'œuf du parasite qui est pourtant relativement volumineux et ne peut guère échapper à l'attention. Il est donc fort probable que l'*Aphelinus* pique certains *Aspidiotus* uniquement pour se nourrir. En tout cas, beaucoup de coups de tarière sont exclusivement donnés dans ce but. J'ai antérieurement signalé des habitudes tout à fait analogues à celles de l'*Aphelinus* pour le *Tetrastichus xanthomelænæ* Rond. (March.), Chalcidien parasite des œufs de la Galéruque de l'Orme, qui fait de sa tarière le même usage que nous pourrions faire d'une épingle pour percer la coquille d'un œuf de poule et humer son contenu, et j'ai montré que, parmi les coups donnés, il n'y en a qu'un bien petit nombre servant à la ponte [1]. Ces faits sont également à rapprocher de ceux que j'ai signalés pour les Sphégiens et qui consistent dans la recherche et l'absorption par la mère pondeuse, de liquides provenant de la proie qu'elle destine à ses larves (lymphe ou contenu du tube digestif). Le cas du *Synopeas rhanis,* parmi les Proctotrypides, qui trouve à s'alimenter dans les produits de sécrétion développés sous l'influence de l'hôte (larve de la Cécidomyie de l'Ulmaire) dans lequel il doit pondre, rentre dans la même catégorie de phénomènes.

Ces exemples, que les observations ultérieures ne pourront manquer de multiplier, montrent que l'intérêt individuel peut se manifester assez fréquemment par des habitudes normales dans l'accomplissement des actes qui accompagnent la ponte et qui ont pour but d'assurer la conservation de l'espèce chez les Insectes. Il y a là un facteur jusqu'ici négligé et dont il convient de tenir compte dans l'étude de l'évolution et de la spécialisation souvent si étroite des instincts liés à la reproduction qui s'observent chez les Insectes et, en particulier, chez les Hyménoptères.

ZOOLOGIE. — *Sur les entéroïdes des Acraspèdes.* Note de M. **Edgard Hérouard**, présentée par M. Yves Delage.

A la suite des travaux de Gœtte sur le développement des Acraspèdes, deux courants d'opinions se sont formés en Allemagne concernant la validité du groupe des Scyphozoaires : les uns adoptant les opinions défendues par Claus, par Chun et plus récemment par Hein, en 1901, considèrent les Acraspèdes comme voisins des Hydrozoaires et les réunissent sous le nom de *Polypoméduses;* les autres, marchant à la suite de Hatschek et de Gœtte 1897, affirment que les Acraspèdes se rattachent aux Anthozoaires par

(1) *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 1905, p. 64.

l'existence d'un pharynx d'origine ectodermique et par la présence de cloisons gastriques, et les groupent sous le nom de *Scyphozoaires*. Gœtte affirme même que l'invagination stomodéale dépassant les limites du pharynx envahit certaines poches gastriques qui sont de ce fait revêtues elles-mêmes d'ectoderme.

Au moment du développement, l'ectoderme et l'endoderme se trouvant étroitement unis dans la masse cellulaire où se creuse le stomodéum, il est difficile de faire d'une façon certaine la séparation des cellules qui appartiennent à l'endoderme de celles qui appartiennent à l'ectoderme, car elles n'ont pas encore acquis de caractères spécifiques qui les différencient facilement les unes des autres. Aussi les partisans des Polypoméduses allèguent-ils la possibilité d'une erreur d'interprétation pour combattre l'opinion adverse. Dans la suite du développement, lorsque les ébauches embryonnaires ont pris leurs places définitives, la spécificité cellulaire est histologiquement très apparente, et il est alors facile de s'assurer que la cavité gastrique et le pharynx sont revêtus de deux espèces cellulaires distinctes, qui n'ont entre elles rien de commun. Mais on reconnaît aussi que les cellules pharyngiennes, si elles diffèrent nettement des cellules de la cavité gastrique, ne diffèrent pas moins des cellules ectodermiques vraies.

A défaut de pouvoir fournir une preuve directe de l'origine ectodermique des cellules pharyngiennes comme on l'a fait pour les Anthozoaires, la comparaison qu'on veut établir entre les Acraspèdes et les Anthozoaires serait d'autant plus démonstrative, s'il était prouvé que les Acraspèdes possèdent, non seulement dans le pharynx, mais encore le long des cloisons gastriques, une même espèce cellulaire comme cela se rencontre chez les Anthozoaires, et que le pharynx de toutes les Ephyras est revêtu de cette même espèce cellulaire.

Quand on nourrit des Scyphistomes avec des ovaires de *Strongylocentrotus lividus* qui sont fortement pigmentés en rouge, les cellules endodermiques se gorgent de pigment et se montrent ainsi colorées d'une façon intense. Si l'on place alors le polype dans des conditions spéciales qui déterminent la rétroversion de la paroi gastrique, on peut examiner directement son revêtement cellulaire et l'on constate que, le revêtement qui tapisse le pharynx ainsi que quatre bandes cellulaires en continuité avec lui et s'étendant sur toute la longueur des bourrelets gastriques tranchent nettement par leur défaut de pigmentation sur le reste de la surface gastrique qui, elle, est gorgée de pigment. On a donc là des entéroïdes comparables comme positions à ceux des Anthozoaires. D'autre part, les cellules du pharynx et des entéroïdes sont histologiquement semblables; elles présentent avec l'éosine orange une racine de cil que les cellules endodermiques vraies ne présentent pas et qui permet de les distinguer facilement.

Mais il y a plus. Un des arguments qui semble concluant pour combattre la parenté anthozoarienne des Acraspèdes est tiré de ce fait que, dans la formation des Ephyras, en admettant même que la première Ephyra possède bien un pharynx ectodermique, cet argument reste sans valeur pour les autres Ephyras provenant du même rouleau médusaire ; car celles-ci se formant au delà du pharynx du Scyphistome auraient leur propre pharynx formé, comme l'avait fait remarquer Claus, par l'endoderme de celui-ci, et ne seraient plus Scyphozoaires. Or, j'ai constaté que, dans la formation du rouleau médusaire, le revêtement des entéroïdes forme à lui seul, en s'étendant, le pharynx des Ephyras successives et les filaments gastriques eux-mêmes, de telle sorte que les Méduses provenant des dernières Ephyras sont réellement Scyphozoaires quoi qu'on en ait dit, et que les filaments gastriques sont tout à fait comparables aux aconties des Anthozoaires.

Une pareille similitude de structure ne laisse aucun doute sur la légitimité du rapprochement soutenu par Gœtte ; mais, d'après mes observations, je pense, comme Chun et Hein, que l'envahissement endodermique de certaines poches stomacales n'est dû qu'à une erreur d'interprétation.

En résumé, le Scyphistome et la Méduse acraspède présentent tous deux un revêtement cellulaire spécial, différent de celui de la cavité gastrique proprement dite, sur le pharynx, sur les entéroïdes et sur les filaments gastriques, exactement comme les Anthozoaires, et cette similitude de distribution d'un élément cellulaire différencié dans ces deux groupes suffit, à défaut de la détermination précise de l'origine ectodermique ou endodermique de ce revêtement, pour montrer qu'il existe entre eux une étroite parenté, d'autant plus que la présence des cloisons gastriques vient encore renforcer cette opinion.

La validité de la classe des Scyphozoaires telle que nous l'avons admise Delage et moi dans la zoologie concrète se trouve renforcée par la similitude de structure existant entre toutes les Ephyras d'un même rouleau médusaire.

L'analogie de structure que présente le statoblaste du cycle *Tœniolhydra* avec l'œuf des *Hydrydæ* semble bien établir un lien entre les Acraspèdes et les Hydrozoaires, mais il n'est pas impossible que l'Hydre d'eau douce, qui se distingue par tant de particularités des autres Hydrozoaires, ne représente en réalité une forme aberrante se rattachant au groupe des Scyphozoaires.

GÉOLOGIE. — *Sur la formation du détroit de Gibraltar.* Note M. Louis Gentil, présentée par M. Michel Lévy.

On sait, depuis longtemps, qu'à l'époque miocène la communication actuelle entre la Méditerranée et l'Océan n'existait pas encore.

Cette importante conclusion des travaux de la Mission française d'Andalousie ([1]) semblait infirmée par la prétendue découverte d'une faune du deuxième étage méditerranéen par le paléontologiste Th. Fuchs, d'après les matériaux recueillis à Tétouan par l'explorateur allemand Oskar Lenz; lorsque, à la suite de mon premier voyage au Maroc, j'ai montré, avec A. Boistel, par l'étude des récoltes que j'avais faites en ce même point, qu'il s'agissait en réalité d'un gisement pliocène (Plaisancien) comparable à ceux de Malaga en Espagne, de Millas et du Boulou dans le Roussillon, etc. ([2]).

Depuis, mes missions successives m'ont permis de réunir un certain nombre d'observations qui éclairent d'un jour nouveau la question de l'ouverture du détroit de Gibraltar et confirment notamment cette idée nettement exprimée par Munier-Chalmas qu'elle remonte au début du Pliocène.

J'ai exploré en de nombreux points les côtes marocaines baignées par l'Atlantique depuis les grottes d'Hercule (cap Spartel) jusqu'au Sous, et partout j'ai constaté une bande plus ou moins large d'un Plaisancien qui rappelle celui de Tétouan et offre le plus souvent, notamment à Arzila, dans la Chaouïa, à Saffi, à Mogador, un *facies à Pectinidés,* où se montrent souvent associés : *Pecten plano-medius* Sacco, *P. benedictus* L., *P. bollenensis* F., *P. scabrellus* Lmk., *P. jacobeus* L., *P. Reghiensis* Segu., *Lissochlamys perstriatula* Sacco, *Ostrea edulis* L., etc.

Il est frappant de voir que les côtes d'Espagne, dans la région de Cadix, offrent, d'après Mac-Pherson, des couches avec des faunes tout à fait analogues, et que le Pliocène de la région de Lisbonne est caractérisé par les mêmes associations de *Pecten plano-medius, Lissochlamys perstriatula, Venus gigas Lmk.*, etc., qu'on rencontre dans les gisements marocains ([3]).

Nous sommes donc amenés, sans perdre de vue l'absence de sédiments miocènes dans la Méditerranée occidentale, à synchroniser des dépôts plaisanciens répartis sur les côtes de la Péninsule hispanique et du Maroc, *de part et d'autre du détroit*.

L'illustre géologue Ed. Suess a montré comment la communication entre l'Océan et la Méditerranée néogène (la Préméditerranée de Munier-Chalmas) se faisait à l'époque du premier et du deuxième étage par un *détroit*

([1]) Mémoire de MM. Bertrand et Kilian, p. 576. Paris, Impr. nat., 1889.

([2]) *Comptes rendus,* 26 juin 1905.

([3]) Je dois cette constatation à l'extrême obligeance de M. G. Dollfus, qui m'a montré les riches faunes plaisanciennes du Portugal dont il a entrepris l'étude.

nord-bétique (¹). Elle existait vraisemblablement aussi par un *détroit sud-rifain* et ne pouvait se maintenir que de ce côté dès l'époque pontique, alors que le passage nord-bétique était complètement obstrué.

J'ai déjà appelé l'attention sur ce côté de la question et fait ressortir tout l'intérêt qu'offrira au géologue la jonction d'Oudjda à Fez le jour où il sera possible de tenter ce voyage actuellement très périlleux, sinon impossible (²).

J'ai montré en outre, dans la zone algéro-marocaine, la transgression du Miocène moyen vers l'Ouest, par le nord du massif des Beni-Snassen. Et l'empiètement graduel, que je laissais entrevoir, des eaux de la Méditerranée néogène vers l'Ouest, par le sud de la chaîne du Rif (³), reçoit un commencement de confirmation par la découverte d'une faune du Miocène supérieur (Sahélien) à la frontière du Kiss, d'après des matériaux que j'ai récemment reçus d'Adjeroud.

Mais s'il faut s'attendre à trouver des traces du passage de la mer sahélienne jusqu'au seuil de Taza, il ne faut pas songer à voir de ce côté une communication pliocène puisque Taza, qui se trouve être le point le plus bas de la ligne de partage des eaux de la Moulouya (versant méditerranéen) et de l'Ouad Sebou (versant atlantique), est à plus de 400^m d'altitude.

Il faut renoncer également à trouver des vestiges de ce passage en un point quelconque de la presqu'île nord-marocaine qui s'avance vers l'Espagne, alors que la détermination de Th. Fuchs, si elle avait été confirmée, aurait permis d'envisager une communication miocène à la latitude de Tétouan. Les dépôts plaisanciens, en effet, se limitent dans cette presqu'île à une bande assez étroite et n'atteignant jamais dans leurs assises les plus élevées l'altitude de 100^m, alors que la partie la plus occidentale de la chaîne du Rif n'a pas de col au-dessous de la cote 400.

Ainsi, à l'époque plaisancienne, la communication ne pouvait se faire que par le détroit de Gibraltar ou par un détroit situé au nord d'Algésiras; mais un examen attentif des Cartes topographiques et géologiques du Sud de l'Espagne permet d'écarter cette dernière hypothèse.

Une autre conclusion se dégage de mes observations dans le Maroc septentrional : c'est que *la région du détroit correspond à une aire d'ennoyage des plis de la chaîne du Rif.*

J'ai déjà montré comment cette chaîne, dont la continuité avec la chaîne

---

(¹) *La Face de la Terre,* édition française, p. 380.
(²) Mission au Maroc, 1907 (*Nouv. Arch. Mis. scient.,* Paris, Imp. nat., 1908).
(³) *Esquisse géologique du massif des Beni-Snassen* [*B. S. G. F.* (5ᵉ), VIII, p. 417].

bétique, énoncée par Ed. Suess, ne me semble pas douteuse, est caractérisée dans sa partie la plus occidentale par un régime de dômes qui s'inclinent visiblement vers le détroit pour se relever ensuite sur le Continent espagnol, et cet abaissement d'axe est de plus de 1200^m sur une étendue de 60^{km}, entre le Djebel Kelti et le Djebel Mocça.

L'effondrement du détroit de Gibraltar se serait donc produit dans la partie de plus faible altitude de cette zone d'ennoyage.

L'étude des dépôts pliocènes vient à l'appui de cette interprétation. Il est remarquable de constater en effet que, sur les deux versants de la chaîne du Rif dans le voisinage du détroit, la base des sédiments plaisanciens se trouve à une très faible altitude, à une dizaine de mètres au-dessus du niveau de la mer à Tétouan, au Cherf el Agab et au plateau du R'arbya. Or, si l'on s'éloigne vers le Sud, on voit les mêmes dépôts se relever constamment pour atteindre dans la Chaouïa plus de 100^m d'altitude, et les mêmes faits se constatent vers l'Est, sur les côtes d'Algérie.

Comme on le voit, les observations relatives à la question qui fait l'objet de cette Note sont encore peu nombreuses, mais elles méritent d'être prises en considération et démontrent suffisamment que c'est au Maroc qu'il faut rechercher la solution des problèmes les plus intéressants qui s'attachent à l'histoire de la Méditerranée occidentale.

SPÉLÉOLOGIE. — *Grotte de la Bosse, commune de Morée (Loir-et-Cher).* Note de MM. **Armand Viré** et **André Piédallu**, présentée par M. Edmond Perrier.

En 1902, M. le Dr Piédallu, père de l'un de nous, faisait creuser un puits dans une de ses propriétés, à la Bosse, commune de Morée (Loir-et-Cher).

A 15^m de profondeur, les ouvriers rencontrèrent une première ouverture donnant accès dans une petite cavité artificielle (souterrain-refuge). A 30^m une nouvelle cavité, naturelle celle-là, fut atteinte. Enfin l'eau se montra à la profondeur de 33^m.

C'est cet ensemble que nous sommes allés étudier ces jours derniers. Nous ne parlerons ici que de la cavité naturelle, l'autre rentrant plus tôt dans le domaine de l'Archéologie.

Le sol est en ce point la craie de l'étage turonien.

Nous connaissons fort peu de cavités souterraines creusées dans la craie, sénonienne ou turonienne. On ne peut guère citer que la très curieuse exploration faite par

M. E.-A. Martel, de la caverne de Trépail près Reims (*Comptes rendus,* 16 juin 1902; *Bull. Cart. géol.*, t. XIII, n° 88, 1902), les petites rivières souterraines signalées dans la craie sénonienne par M. Ferray dans le bassin de l'Itou, et par M. Le Couppey de la Forest dans le bassin de la Vanne, enfin les ruisseaux et petits abîmes rencontrés par l'un de nous (A. Viré) dans la vallée de Lunain (*Bull. Muséum,* n° 6, 1897, p. 237, et *Bull. Soc. Spéléologie,* juin 1897).

Le puits de la Bosse a rencontré tout à fait par hasard la galerie artificielle par son point terminus, et la galerie naturelle par une de ses parois.

Pour la galerie naturelle, le puits l'a abordée au carrefour de trois galeries qui vont l'une au Nord, la seconde à l'Est, la troisième à l'Ouest.

Celle du Nord, étroite, se termine au bout de 7^m seulement par un cul-de-sac où aboutissent de petites fissures de la voûte.

La branche de l'Ouest se ramifie bientôt elle-même en une série de galeries d'un développement total de 78^m.

Enfin la branche Est se coude à 10^m de son origine et prend une direction générale au Sud, avec un développement de 130^m et 25^m de petites galeries latérales.

Le tout donne une longueur totale de 240^m.

Au point terminal de la galerie du Sud, nous avons été arrêtés par des éboulis dont le déblai nous permettra peut-être un jour de pousser plus avant l'exploration.

La hauteur moyenne de toutes ces cavités ne dépasse pas $0^m,50$ à $0^m,70$, ce qui, on le conçoit, en rend le parcours particulièrement pénible. La largeur varie de 1^m à 6^m. En certains points seulement, là où des fissures remontent vers le sol et ont amené un courant d'eau, les parois ont été érodées en forme de dômes irréguliers atteignant de $1^m,50$ à 3^m de hauteur. En deux points aussi, dans la galerie du Sud, de petits éboulements de la voûte ont donné une hauteur de 2^m environ.

D'un bout à l'autre des galeries, les parois de ce calcaire tendre ont été puissamment corrodées par l'action chimique de l'eau. Des cupules en cônes plus ou moins allongés, de $0^m,10$ à $0^m,15$ de diamètre, de $0^m,02$ à $0^m,15$ de profondeur, ont été creusées et se réunissent par leurs bords en arêtes très tranchantes.

Par places les fossiles, plus résistants (oursins, baguettes de *Cidaris*), n'ont pas été dissous par les eaux et restent en saillie sur la paroi.

Tout ceci, joint à la faible dénivellation des galeries, indique qu'il exista jadis en cet endroit un ruisseau souterrain d'allure calme, aux eaux relativement chargées d'acide carbonique et circulant sans doute sous pression.

A l'heure actuelle toute trace de circulation d'eau a disparu et l'état des lieux fait supposer qu'il en est ainsi depuis fort longtemps.

Les eaux ont dû être captées par des fissures qui doivent s'étendre en un nouveau réseau à 3^m environ au-dessous des galeries primitives. Le niveau des eaux du puits est, en effet, à cette hauteur. Le mode de captation est

encore indiqué par de profondes fissures qui se trouvent particulièrement vers la fin de la galerie du Sud.

Comme on le voit, cette grotte minuscule nous apporte plus d'un enseignement, qui cadre d'ailleurs fort bien avec les faits observés ailleurs par M. Martel et ses élèves et les conclusions qu'ils en ont déduites, conclusions qu'on peut résumer ainsi :

Les eaux souterraines circulent dans les masses crayeuses absolument comme dans les calcaires plus anciens. Elles utilisent l'état de fissuration de la masse pour se creuser des canaux et des lits souterrains qui rappellent, avec des dimensions généralement plus réduites, les grandes cavernes des calcaires jurassiques. Il ne saurait être question dans ces terrains de *nappes* aquifères, mais seulement de *canaux* aquifères.

Enfin, les eaux souterraines tendent à se rapprocher de leur niveau de base et par conséquent à descendre de plus en plus dans les profondeurs du sol.

Ajoutons que, sauf au fond du puits, nous n'avons constaté nulle part la présence d'une faune souterraine.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur quelques graines et microsporanges de Ptéridospermées trouvés dans le bassin houiller du Nord.* Note de M. **Alfred Carpentier**, présentée par M. R. Zeiller.

MM. Scott et Oliver ont reconnu que certaines graines du genre *Lagenostoma* Williamson appartiennent au *Sphenopteris Hœninghausi* Brongniart [1]. M. N. Arber a depuis décrit comme des graines de Ptéridospermées quelques nouvelles espèces de *Lagenostoma* [2]. M. Grand'Eury a rapproché de ce genre de nombreuses petites graines trouvées par lui en Bretagne avec des *Sphenopteris* [3].

Il paraît intéressant de signaler des graines référables au même genre,

---

(1) F.-W. Oliver and D.-H. Scott, *On Lagenostoma Lomaxi, the seed of Lyginodendron* (*Proc. Royal Soc.*, vol. 71, 1903); *On the structure of the palaeozoic seed Lagenostoma Lomaxi* (*Phil. Trans. Royal Soc.*, B., vol. 197, 1904).

(2) E.-A.-N. Arber, *On some new species of Lagenostoma, a type of Pteridospermous seed from the Coal Measures* (*Proc. Roy. Soc. London*, B, vol. 76, 1905, p. 245).

(3) Grand'Eury, *Comptes rendus*, t. CXLI, 1905, p. 812.

provenant de la fosse n° 3 des mines de Béthune (Pas-de-Calais) ([1]) : une plaque schisteuse offre un grand nombre de petites graines (longueur : $3^{mm},5$ à 4^{mm}), les unes intactes, les autres ouvertes, d'affinité trigonocarpique; leur testa lisse et brillant présente à sa surface un réseau semblable à celui du *Trigonocarpus sporites* Weiss. A côté de ces graines gisent des *cupules* brièvement pédicellées (longueur totale : 7^{mm} à 8^{mm} et largeur maxima : 4^{mm} à $4^{mm},5$). Leurs lobes aigus sont connivents au sommet, comme M. Grand'Eury l'a remarqué sur des organes de même nature ([2]). La base renflée de certaines cupules paraît contenir une graine. L'une d'elles, ouverte dans sa longueur, montre même à sa base une graine aplatie encore en place. Notons que plusieurs cupules ont les lobes séparés, quelquefois très profondément comme on l'observe dans *Calymmatotheca Stangeri* Stur.

D'autres graines à surface luisante, allongées (longueur : 6^{mm}), munies de six côtes, se placent dans le genre *Hexagonocarpus* Brongniart ou seraient des *Trigonocarpus* à valves munies d'une côte médiane. Elles ont été trouvées à Leforest (mines de l'Escarpelle) parmi des pennes bien conservées de *Sphenopteris nevropteroides* Boulay.

Au genre *Trigonocarpus* Brongniart paraissent se rapporter des graines à testa épais et lisse, recueillies à la fosse Cuvinot des mines d'Anzin. Leur longueur peut atteindre 4^{cm}. On a pu remarquer plusieurs fois leur association avec *Alethopteris decurrens* Artis et, à la fosse de Rœulx de la région de Denain, l'association d'autres graines, à testa épais muni de côtes nombreuses, avec *Lonchopteris Bricei* Brongniart.

Les déblais des fosses n°s 3 et 9 des mines de Béthune, et plus spécialement les schistes de toit des veines n°s 2 et 4 de la fosse n° 9, montrent souvent des graines à coque polygonale ([3]) avec des folioles de *Linopteris Brongniarti* Gutbier.

On sait que M. R. Kidston ([4]) a découvert, dans des nodules du terrain houiller d'Angleterre, des graines du genre *Rhabdocarpus* en connexion directe avec des folioles de *Nevropteris heterophylla* Brongniart. Quelques graines, découvertes à la fosse de Rœulx des mines d'Anzin, sont iden-

---

([1]) Cf. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, t. XXXVII, 1908, p. 75.

([2]) GRAND'EURY, *Comptes rendus*, t. CXLI, p. 1905, 812.

([3]) GRAND'EURY, *Comptes rendus*, t. CXXXIX, 1904, p. 26.

([4]) R. KIDSTON, *On the fructification of Neuropteris heterophylla* Brongniart (*Proc. Roy. Soc.*, t. 72, 3 décembre 1903, p. 487; *Phil. Trans. Roy. Soc.*, B, vol. 197, 1904, p. 1).

tiques à ces *Rhabdocarpus*. Une foliole de *Nevropteris heterophylla* est accolée à l'une d'elles, dont la longueur mesure $2^{cm},5$ et la plus grande largeur 8^{mm}, et qui concorde parfaitement avec celle qui termine un fragment de penne séminifère de cette espèce envoyé par M. R. Kidston aux collections de l'École nationale supérieure des Mines.

Microsporanges. — M. Zeiller, dès 1888 (¹), a noté la présence de *Crossotheca Crepini* Zeiller et de *Crossotheca Boulayi* Zeiller dans le département du Pas-de-Calais. *Crossotheca Crepini* existe également à Crespin et à la fosse Cuvinot dans la région de Valenciennes (²). Sa découverte dans le faisceau demi-gras de Thiers indique que cette espèce a apparu plus tôt qu'on ne le pensait dans le bassin houiller du Nord.

Le même genre est en outre représenté par *Crossotheca sagittata* Lesquereux, découvert au toit de la veine Saint-Alexis des mines de Béthune et jusqu'ici inconnu dans l'ancien monde.

Crossotheca Schatzlarensis Stur a été reconnu dans des schistes de la fosse Gayaut des mines d'Aniche, des fosses Thiers et Cuvinot des mines d'Anzin et de la fosse Montebello des mines de Ferfay.

Je crois devoir en outre attirer l'attention sur des empreintes rencontrées plusieurs fois en divers points du bassin houiller : à Fresnes (Nord), fosse Soult des mines de Thivencelles; fosse n° 9 des mines de Béthune; fosse n° 6 des mines de Nœux. Ce sont des sortes de capsules, sporifères ou pollinifères, à surface réticulée, dont la longueur varie de 1^{mm} à $1^{mm},5$; ces capsules sont groupées en rosette au nombre de 4 à 6 à l'extrémité de minces filets charbonneux; elles ont l'apparence de sporanges de Marattiacées, réunis en synangium autour d'un centre commun, mais il se peut aussi que ce soient des microsporanges de Ptéridospermées.

Au genre *Zeilleria* Kidston, dont la place demeure incertaine entre les Fougères et les Ptéridospermées, appartiennent quelques empreintes de la fosse Saint-Roch des mines d'Azincourt (Nord). Les folioles qui ne portent pas de capsules rappellent celles du *Calymmatotheca avoldensis* Stur. On peut rapporter à ce même genre *Zeilleria* ou à un genre très voisin une empreinte de la fosse Cuvinot qui montre des pennes portant des groupes de capsules très nombreux et serrés, et dont le limbe paraît avoir été extrêmement réduit, sinon totalement absent.

M. J. Tavani adresse une Note : *Sur la théorie des séries à termes positifs et son application à la théorie générale des fonctions entières.*

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

(¹) R. Zeiller, *Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes*, p. 115 et 117.
(²) Cf. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, t. XXXVI, 1907, p. 139.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MAI 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Examen critique des images monochromatiques du Soleil avec les raies de l'hydrogène.* Note de MM. **H. Deslandres** et **L. d'Azambuja.**

La Note actuelle complète une Note précédente consacrée aux couches supérieures du calcium et de l'hydrogène dans l'atmosphère solaire (même Tome, p. 1011). Ces couches sont photographiées journellement avec le grand spectrohéliographe de Meudon qui comprend en réalité quatre spectrohéliographes distincts, réunis autour d'un même objectif astronomique et d'un même collimateur, et susceptibles de se substituer rapidement l'un à l'autre (même Tome, p. 968). Avec le calcium, on emploie la disposition à trois prismes et à deux fentes; et, en isolant successivement les trois composantes K_1, K_2, K_3 de la raie K, on a les couches basse, moyenne et supérieure de la vapeur de calcium; la dernière couche en particulier est nouvelle, ayant été obtenue pour la première fois à Meudon l'année dernière.

Avec l'hydrogène et la raie rouge H_α, seule utilisée, le spectrohéliographe à réseau convient mieux, au moins avec le spectre de premier ordre, qui assure une dispersion déjà grande. Nous avons isolé non pas seulement la raie H_α entière, comme tous nos devanciers, mais séparément le centre de la raie noire et ses bords, qui nous ont donné des images différentes.

Les images de K_3 et du centre de H_α révèlent les couches supérieures des deux gaz; or elles montrent les mêmes lignes noires, souvent très longues, que nous avons appelées *filaments*. Ces lignes constituent le caractère principal de l'atmosphère supérieure; et ce résultat est le plus saillant de la Note présentée le 19 avril dernier (même Tome, p. 1011).

Dans la Note actuelle, nous examinerons principalement d'autres parties de l'atmosphère, les parties au-dessus des facules, appelées par nous *plages faculaires,* et aussi fort intéressantes.

Les facules brillantes sont, avec les taches noires, comme on sait, les particularités les plus saillantes de la surface solaire. Or, dans la couche K_1, que Deslandres a reconnue en 1894, les plages faculaires sont aussi brillantes, et même également brillantes sur le disque entier, alors que les facules ne sont bien visibles qu'au bord; elles sont aussi légèrement plus larges que les facules elles-mêmes.

D'autre part la couche K_2 et ses plages faculaires, qui sont brillantes, ont été reconnues simultanément par Hale et Deslandres en 1892 avec des appareils différents; et, en 1894, Deslandres a annoncé que les plages brillantes de K_2 étaient notablement plus larges que celles de K_1 et de la surface. Enfin, en 1908, Deslandres a reconnu que les plages faculaires étaient, dans K_3, brillantes et plus larges que celles de K_2 (¹). En résumé, sur la surface et dans les trois couches du calcium, les plages faculaires sont brillantes et de largeur croissante avec l'altitude.

Avec l'hydrogène, les premiers résultats sont différents pour les plages faculaires. Hale, qui a isolé le premier les raies de l'hydrogène avec le spectrohéliographe en 1903, obtient, dans la majorité des cas, des plages faculaires qui ne sont plus brillantes, mais noires par rapport au fond; l'ordre des intensités est renversé. Ce fait curieux, observé avec les raies H_β, H_γ, H_δ, a été confirmé avec la raie H_α que Hale a isolée le premier l'année dernière; il se présente non seulement sur les larges plages faculaires, mais sur les plages plus petites appelées ordinairement *flocculi.* Tout se passe comme si l'hydrogène est plus brillant là où le calcium est au contraire affaibli, et inversement. Des théories diverses ont été proposées par Hale et Newall pour expliquer le phénomène (*Publications of the Yerkes Observatory,* t. III, 1ʳᵉ Partie, 1903, p. 19; *Transactions of the International Union for solar research*, t. II, 1908, p. 61, et *Astrophysical Journal,* t. XXVIII, p. 100).

Cette particularité de l'hydrogène nous a toujours paru étrange; car, au bord solaire extérieur, la chromosphère et les protubérances ont en général des éclats qui semblent proportionnels; aussi nous sommes-nous proposé

(¹) Voir *Comptes rendus,* 1892, t. CXIV, p. 276 et 578, t. CXV, p. 222; 1893, t. CXVI, p. 238, t. CXVII, p. 716 et 1053; 1894, t. CXVIII, p. 842 et 1312, t. CXIX, p. 148 et 457; 1908, t. CXLVII, p. 334, 467 et 1016.

de rechercher les causes précises de cette anomalie. Avec notre spectrohéliographe, au lieu d'avoir, comme au mont Wilson, une seconde fente aussi large ou même plus large que la raie de l'hydrogène, nous avons adopté une fente plus étroite de manière à isoler des parties différentes de la raie rouge H_α. Nous avons reconnu ainsi que les images du centre et des bords étaient différentes. L'image du centre, qui représente la couche supérieure de l'hydrogène, a été comparée à la couche correspondante K_3 du calcium; or elle présente les mêmes caractères, quelque peu atténués seulement. Elle offre, en effet, les mêmes filaments noirs, en général moins développés, et aussi des plages brillantes qui correspondent aux arêtes et points particulièrement brillants dans les plages faculaires brillantes de K_3 (1). Quant aux plages faculaires noires, elles apparaissent avec les bords de la raie. Tels sont les premiers résultats déjà publiés (voir même Tome, p. 1011).

Le dernier fait constaté se rapporte à la question qui nous occupe aujourd'hui, et nous avons tenu à le vérifier avec des précautions encore plus grandes. Nous avons pris une seconde fente encore plus fine, tracée sur une lame de verre argentée et large seulement de $0^{mm},03$, alors que la raie noire H_α, avec une pose moyenne, a une largeur moyenne estimée environ à $0^{mm},16$ ou à $1^{A},05$. Ces fentes sur argent ont une épaisseur très faible et assurent un isolement plus parfait que les fentes ordinaires; la pose nécessaire pour l'image du Soleil est seulement plus longue. Nous avons juxtaposé sur la même plaque des images successives de l'astre ou d'une portion de l'astre, en isolant d'abord le centre, puis en déplaçant à chaque fois la seconde fente par rapport à la raie de $0^{mm},025$ vers l'un des bords. Or, les plages faculaires noires apparaissent lorsque la lumière du bord commence à pénétrer dans la fente, et atteignent leur maximum lorsque le bord est au milieu.

L'examen détaillé de ce bord était nécessaire; nous avons alors abandonné le spectrohéliographe devenu insuffisant; cet appareil, évidemment très précieux, intègre avec son mouvement continu une petite portion du spectre, mais aveuglément et sans donner les détails de la portion isolée et des parties voisines. Nous avons eu recours au spectrographe ordinaire ou, mieux,

(1) Les points communs et les différences seront précisés plus nettement dans une Note ultérieure. D'ailleurs, la comparaison des deux images n'est pas faite dans les conditions les meilleures avec les deux spectrohéliographes employés. Car la raie K_3 est notablement moins large que la raie H_α et plus difficile à bien isoler; les images K_3 de cette série doivent contenir un peu de la raie K_2, au moins avec les fentes en nickel.

au spectro-enregistreur des vitesses, qui enregistre non seulement les vitesses radiales, mais la raie tout entière et ses alentours.

Ces nouvelles épreuves révèlent une augmentation de largeur de la raie rouge H_α au bord solaire, augmentation déjà signalée par Hale, et, en plus, une variation de largeur pour des points voisins et sur le disque entier. En fait, le bord brillant de la raie H_α est constamment sinueux; et cette sinuosité entraîne évidemment des variations spéciales dans l'image du spectrohéliographe, lorsque le bord brillant de la raie, qui a l'éclat du spectre continu, est contenu plus ou moins dans la seconde fente. Or, et c'est là un fait nouveau sur lequel nous voulons insister, les augmentations de largeur de la raie H_α se présentent en général aux points où la raie K_2 du calcium est plus intense, et l'on explique ainsi aisément que les mêmes plages faculaires apparaissent noires avec l'hydrogène et brillantes avec le calcium.

Cette correspondance entre les largeurs et les éclats des raies H_α et K_3 a été vérifiée avec soin. On a photographié presque simultanément les spectres d'une même section du Soleil autour de H_α et K_3, de manière à les comparer dans des conditions aussi identiques que possible.

On a transformé momentanément en spectro-enregistreurs des vitesses les spectrohéliographes à prismes et à réseau qui donnent en temps ordinaire les images de l'hydrogène et du calcium et qui ont le même collimateur. De plus, l'objectif astronomique de projection a été remplacé par une combinaison de miroirs, et l'image réelle du Soleil projetée sur la première fente commune est ainsi au point en même temps pour toutes les radiations. L'expérience est conduite de la façon suivante : la raie K et ses alentours sont photographiés avec le spectrographe à prismes, et immédiatement après, sur la même plaque, on ajoute la raie H_α fournie par le spectrographe à réseau; de manière que les images des deux raies pour la même section du Soleil sont juxtaposées. Il est alors facile de les comparer; or on constate que les élargissements de H_α, dans la grande majorité des cas, correspondent à des flocculi brillants de K_2; cela est vrai surtout pour les flocculi d'éclat moyen et de largeur moyenne. L'élargissement et l'éclat de la raie rouge paraissent aussi liés à la largeur et à l'éclat de la raie K_3. Enfin, les deux raies offrent les mêmes variations de vitesses radiales, et même, au moins sur ces premières épreuves, les variations ont paru plus fortes avec l'hydrogène (1). En résumé, si on laisse de côté ces points de détails, la rela-

---

(1) Parfois, près des taches, la raie noire H_α est déplacée fortement dans le spectre continu, où elle forme des sortes de pointes noires.

tion générale signalée plus haut est vérifiée nettement dans son ensemble; or elle explique simplement les plages faculaires noires signalées souvent dans les images précédentes de l'hydrogène (¹).

Cette cause n'est peut-être pas la seule, et les variations d'intensité du bord brillant lui-même peuvent aussi intervenir; mais l'étude de ce point spécial semble devoir exiger des appareils plus dispersifs.

Dès à présent, on peut poser les conclusions suivantes : l'apparition des plages faculaires noires, annoncée depuis 1903, est due, au moins pour une large part, non à des particularités dans le pouvoir émissif ou absorbant de l'hydrogène, mais à une simple cause instrumentale, à un défaut primordial du spectrohéliographe qui, ayant une fente de largeur constante, ne peut isoler complètement une raie de largeur variable. De plus, les images de l'hydrogène avec le centre de la raie noire sont les seules qui aient une signification précise. Elles représentent la couche supérieure de l'hydrogène; et, comme elles sont débarrassées des plages faculaires noires, elles sont beaucoup plus simples que les images antérieures. Elles offrent d'ailleurs aussi bien et même mieux les filaments fins noirs ou brillants qui, souvent, donnent aux alentours des taches l'aspect d'un liquide en mouvement.

Cette étude met aussi en relief l'utilité des spectro-enregistreurs des vitesses, préconisés depuis 1891; ces appareils fournissent une série de données importantes qui échappent au spectrohéliographe ordinaire et en sont le complément nécessaire. Ils doivent être appliqués aussi bien aux raies de l'hydrogène qu'aux raies du calcium.

M. **Boudier** fait hommage à l'Académie d'une nouvelle livraison de la série V des *Icones Mycologicæ*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente, au nom de M. le Sénateur Vito Volterra, président de la Société italienne pour l'avancement des Sciences, les deux Volumes suivants :

Atti della Societa italiana per il progresso delle Scienze : Prima riunione, Parma, settembre 1907.

Seconda riunione, Firenze, ottobre 1908.

(¹) Ces plages noires doivent apparaître plus facilement, lorsque, par une cause accidentelle, le centre de la fente est un peu éloigné du centre de la raie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

La deuxième édition du *Précis de Médecine légale*, de M. A. Lacassagne, revue avec la collaboration de M. Étienne Martin. (Présenté par M. A. Laveran.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'élargissement dissymétrique des raies du spectre de l'arc et leur comparaison avec celles du spectre solaire.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **H. Buisson**, présentée par M. Deslandres.

Nous avons donné dans une Note antérieure (1) le résultat de la comparaison entre le spectre solaire et celui de l'arc au fer. Pour la plupart des raies, qu'on peut considérer comme *normales*, le déplacement, quand on passe de l'arc au Soleil, est de quelques millièmes d'angström vers le rouge ; cet accroissement de longueur d'onde, attribué à la pression de la couche renversante de l'atmosphère solaire, correspond à une valeur de cette pression, sensiblement la même pour toutes ces raies, et de 4^{atm} à 5^{atm} au-dessus de la pression atmosphérique.

Quelques raies donnent des déplacements anormaux : les unes se déplacent dans le même sens que les raies normales, mais de quantités beaucoup plus grandes; les autres se déplacent en sens inverse. Nous avons expliqué ces anomalies par l'élargissement dissymétrique de ces raies dans l'arc, élargissement qu'il est facile de constater quand on fait croître l'intensité du courant; à la pression atmosphérique, ces raies anormales sont notablement plus larges que les autres. D'après cette manière de voir, les anomalies par rapport au Soleil doivent disparaître si l'on peut supprimer cet élargissement dans l'arc, et ainsi rendre fines toutes les raies.

On y arrive en produisant l'arc dans le vide. Deux tiges de fer verticales, de 8^{mm} de diamètre, sont placées dans un ballon de verre; l'une est mastiquée à la partie inférieure, l'autre peut coulisser dans une tubulure pour l'allumage et le réglage de l'arc. Une troisième ouverture permet de faire le vide; un col horizontal fermé par une glace laisse passer la lumière. On évite l'échauffement de l'appareil par une circulation d'eau

(1) *Comptes rendus*, 15 mars 1909.

sur les parois du ballon. Le courant électrique, de 8 ampères, est fourni par une distribution de courant continu à 220 volts. A basse pression, l'arc est stable si les électrodes sont couvertes d'une goutte d'oxyde fondu. Nous avons opéré sous des pressions de quelques millimètres.

Dans ces conditions, l'arc est beaucoup moins lumineux qu'à la pression atmosphérique. Toutes les raies sont beaucoup plus fines : en particulier, les raies élargies dans le cas de l'arc dans l'air ne paraissent plus se distinguer des autres. Nous avons comparé, par la méthode interférentielle déjà décrite (1), les raies ainsi rendues fines avec celles de l'arc dans l'air. Pour les raies normales, on trouve seulement le très petit déplacement correspondant à la variation de pression de 1^{atm}, soit un accroissement de longueur d'onde d'environ 0,002 angström du vide à l'air. Pour les raies anormales, les unes donnent un déplacement voisin de 0,015 angström dans le même sens; ce sont justement celles dont l'élargissement a lieu vers le rouge par augmentation de courant, et qui ont dans le spectre solaire une longueur d'onde plus petite que celle de l'arc dans l'air. Les autres donnent, du vide à l'air, un déplacement en sens inverse, et ce sont celles qui s'élargissent vers le violet et donnent, en passant de l'arc dans l'air au Soleil, des déplacements exagérés vers le rouge. Cet ensemble d'observations confirme donc d'une façon complète l'explication que nous avons donnée des anomalies observées dans la comparaison du Soleil et de l'arc.

Enfin, nous avons comparé directement les raies solaires à celles de l'arc dans le vide. Tous les déplacements sont alors de même sens et de même valeur que pour les raies normales.

Les raies anormales qui s'élargissent vers le rouge sont parmi celles qui ont été étudiées par Humphreys et par Duffield au point de vue du déplacement par la pression. Ils ont trouvé l'un et l'autre que ces raies se déplacent plus que les raies normales. On aurait donc dû s'attendre à trouver pour elles une différence plus grande entre le Soleil et l'arc dans le vide, ce qui n'est pas. Mais leur déplacement par la pression peut comporter une erreur : aux pressions élevées, l'élargissement dissymétrique de ces raies devient très grand ; la mesure du déplacement doit être très incertaine, et le déplacement apparent est accru par l'élargissement vers le rouge. Quant aux raies qui s'élargissent vers le violet, elles n'ont pas été étudiées au point de vue de l'influence de la pression ; en passant du vide à la pression atmosphérique, elles subissent un déplacement *apparent* vers le violet, et il serait intéressant de savoir comment elles se comportent pour des pressions plus fortes.

---

(1) *Comptes rendus*, 29 mars 1909.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une Note récente de M. Stekloff.* Note de M. E. **Goursat.**

La démonstration du théorème d'existence des fonctions implicites, indiquée par M. Stekloff dans une Note récente (séance du 26 avril 1909) ne diffère pas de celle que j'avais développée il y a quelques années dans un article du *Bulletin de la Société mathématique* (t. XXXI, 1903, p. 184-192).

ÉLASTICITÉ. — *Sur les problèmes d'élasticité à deux dimensions.* Note [1] de M. G. **Kolossoff**, présentée par M. Paul Appell.

La théorie de notre Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXLVI, n° 10) s'étend à tout système de coordonnées ξ, η orthogonal et isotherme. Soient

$$\zeta = \xi + i\eta = F(x + iy)$$

une fonction de la variable complexe $x + iy$ et

$$z = x + iy = f(\zeta). \tag{1}$$

Soient R et Φ les efforts normaux sur les éléments perpendiculaires aux axes des coordonnées curvilignes ξ, η, et T les efforts tangentiels.

Nous pouvons poser

$$\left\{\begin{aligned} \frac{2T}{h^2} &= \alpha\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\eta} - \beta\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\xi} + \varphi, \\ \frac{R-\Phi}{h^2} &= \beta\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\eta} + \alpha\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\xi} + \varphi, \end{aligned}\right. \tag{2}$$

où α et β satisfont aux équations

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial\alpha}{\partial\xi} - \frac{\partial\beta}{\partial\eta} = -\frac{1}{h^2}, \qquad \frac{\partial\alpha}{\partial\eta} + \frac{\partial\beta}{\partial\xi} = 0, \\ &h = \sqrt{\left(\frac{\partial\xi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\xi}{\partial y}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial\eta}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\eta}{\partial y}\right)^2} \end{aligned}\right. \tag{3}$$

et

$$\varphi + i\psi = F(\zeta).$$

---

[1] Présentée dans la séance du 26 avril 1909.

Pour avoir une solution des équations (3) posons

$$(4) \qquad \alpha + i\beta = -\frac{1}{2} f'(\zeta)\overline{f(\zeta)},$$

où $\overline{f(\zeta)}$ est l'expression conjuguée déduite de $f(\zeta)$ en changeant i en $-i$.

En introduisant la fonction de la variable complexe $\varphi(\zeta)$ dont la partie réelle est $R + \Phi$, nous déduirons des équations (2)

$$(5) \qquad \frac{1}{h^2}[2T + i(R - \Phi)] = i(\alpha + i\beta)\frac{d\varphi(\zeta)}{d\zeta} + F(\zeta).$$

Exemples :

1° Posons

$$z = c\cosh(\xi + i\eta) = f(\zeta), \qquad x = c\cosh\xi\cos\eta, \qquad y = c\sinh\xi\sin\eta,$$

$$\alpha + i\beta = -\frac{c^2}{4} - (\sinh 2\xi + i\sin 2\eta).$$

2° Posons

$$\zeta = -i\log\frac{z^2 - c^2}{z^2}, \qquad z = f(\zeta) = c\sqrt{1 + e^{\zeta i}},$$

$$f'(\zeta) = \frac{cie^{\zeta i}}{2\sqrt{1 + e^{\zeta i}}}, \qquad \overline{f(\zeta)} = c\sqrt{1 + e^{-i(\xi - i\eta)}}.$$

La résolution du problème d'équilibre dans le cas où les efforts sont donnés à la frontière se réduit à une équation de Fredholm, mais dans un grand nombre de cas elle peut être ramenée à deux problèmes de Dirichlet.

Supposons, en effet, que la frontière soit $\xi = \xi_0$, les efforts $R_{\xi=\xi_0}$ et $T_{\xi=\xi_0}$ étant donnés pour tous les points de $\xi = \xi_0$.

Il est aisé de voir que

$$\alpha + i\beta = -\frac{1}{2} f'(\zeta)\overline{f(\zeta)} = -\frac{1}{2} f'(\xi + i\eta)\bar{f}(\xi + i\eta) \quad (^1)$$

pour $\xi = \xi_0$ prend les valeurs de la variable complexe

$$(6) \qquad \Phi(\zeta) = -\frac{1}{2} f'(\zeta)\bar{f}(2\xi_0 - \zeta),$$

$$(7) \qquad \left[\frac{2T + i(R - \Phi)}{h^2}\right]_{\xi=\xi_0} = \left[i\Phi(\zeta)\frac{d\varphi(\zeta)}{d\zeta} + F(\zeta)\right]_{\xi=\xi_0} = [\chi(\zeta)]_{\xi=\xi_0}.$$

En connaissant les valeurs de la partie réelle de $\chi(\zeta)$ que nous suppose-

(1) $\bar{f}$ est l'opération f dans laquelle i est changé en $-i$.

rons uniforme et continue à l'intérieur de $\xi = \xi_0$ pour

$$\xi = \xi_0 \left[= \left(\frac{2T}{h^2}\right)_{\xi=\xi_0} \right],$$

nous obtiendrons cette partie réelle en résolvant un problème de Dirichlet et nous trouverons la partie imaginaire de $\chi(\zeta)$ par une simple quadrature.

Les valeurs de cette dernière partie se confondent pour $\xi = \xi_0$ en vertu de (7) avec les valeurs de $\left[\frac{R-\Phi}{h^2}\right]_{\xi=\xi_0}$. Mais

$$(R+\Phi)_{\xi=\xi_0} = 2(R)_{\xi=\xi_0} - (R-\Phi)_{\xi=\xi_0}$$

et nous trouverons $[R+\Phi]$ en résolvant un second problème de Dirichlet :

$$F(\zeta) = \chi(\zeta) - i\Phi(\zeta)\frac{d\varphi(\zeta)}{d\zeta} = \chi(\zeta) - i\Phi(\zeta)\left[\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\xi} - i\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\eta}\right].$$

C'est ainsi que je parviens à résoudre plusieurs problèmes intéressants.

En me servant, pour la solution du problème de Dirichlet, dans le cas d'une ligne droite (axe Ox de coordonnées rectangulaires x, y), d'une formule connue

$$\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f(s)y\,ds}{(s-x)^2+y^2},$$

et dans le cas d'un cercle de la formule de Poisson

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{f(\psi)(R^2-\rho^2)\,d\psi}{R^2-2R\rho\cos(\theta-\psi)+\rho^2},$$

j'obtiens la résolution complète du problème dans le cas d'une ligne droite et d'un cercle au moyen d'intégrales définies.

NOMOGRAPHIE. — *Sur la représentation nomographique des équations à quatre variables.* Note de M. **Maurice d'Ocagne**, présentée par M. G. Humbert.

Le but de la présente Note ([1]) est d'éclairer ce qu'on peut appeler la réduction au plan de la quatrième dimension, de façon à mettre plus nettement en évidence, si pos-

([1]) Les renvois à mes Ouvrages : *Traité de Nomographie* (Gauthier-Villars, 1899) et *Calcul graphique et Nomographie* (Doin, 1908), seront indiqués respectivement par les abréviations *T. N.* et *C. G. N.*

sible, le degré de généralité respective des diverses méthodes nomographiques couramment utilisées à cet effet.

Convenons tout d'abord de désigner les systèmes d'éléments géométriques définis sur le plan soit par un, soit par deux paramètres (systèmes simplement ou doublement infinis), par la notation *systèmes* ∞^1 *ou* ∞^2. Il ne faut d'ailleurs pas confondre les paramètres servant à définir *géométriquement* ces systèmes avec ceux qu'on peut y rattacher *nomographiquement*, à titre de cotes, et qui peuvent être en plus grand nombre [*éléments condensés* ([1])]. La confusion entre ces deux notions serait de nature à engendrer des idées tout à fait fausses sur le degré de généralité des méthodes applicables aux équations à plus de trois variables. Les explications qui vont suivre, et que nous bornons (ce qui suffit pour en bien faire saisir le sens) aux équations à quatre variables, seront sans doute de nature à les empêcher de se produire.

Toute équation à trois variables

$$F(z_1, z_2, z_3) = 0$$

peut, on le sait ([2]), être représentée d'une infinité de manières au moyen de trois systèmes ∞^1 de lignes planes ayant respectivement pour cotes les valeurs de z_1, z_2, z_3, et tels que les lignes qui correspondent à des valeurs de ces variables, satisfaisant à l'équation donnée, concourent en un même point. Deux de ces trois systèmes peuvent, d'ailleurs, être arbitrairement choisis.

On pourra, dès lors, ramener la représentation d'une équation à quatre variables

$$F(z_1, z_2, z_3, z_4) = 0$$

à la représentation simultanée de deux équations à trois variables, si cette équation peut être mise sous la forme ([3])

$$f(z_1, z_2) = \varphi(z_3, z_4).$$

Si, en effet, l'on désigne par z la valeur commune des deux membres de cette équation, il suffira de représenter à la fois les deux équations en z, z_1, z_2 et en z, z_3, z_4 ainsi formées, en adoptant le même système (z) pour chaque nomogramme, ce système n'ayant d'ailleurs pas besoin d'être coté, puisqu'il ne sert qu'à éliminer la variable auxiliaire z entre les deux nomogrammes partiels.

Ce système (z) étant arbitraire ainsi qu'un second système sur chacun des nomogrammes partiels [(z_1) et (z_3) par exemple], ces trois systèmes

---

([1]) *T. N.*, p. 351, et *C. G. N.*, p. 201.

([2]) *T. N.*, p. 97, et *C. G. N.*, p. 188.

([3]) La condition analytique nécessaire et suffisante pour qu'il en soit ainsi a été donnée par M. Goursat (*C. G. N.*, p. 208).

pourront être constitués chacun par un faisceau de droites parallèles. Si, sur l'un de ces nomogrammes, le troisième système se trouve également constitué par un faisceau de parallèles [soit (z_2) par exemple], on pourra, bien évidemment, remplacer les trois systèmes (z_1), (z_2) et (z) par un transparent sur lequel seront simplement tracés trois index concourants respectivement parallèles aux directions de ces trois faisceaux, et dont l'orientation devra être maintenue constante [1].

Mais le procédé précédent, de quelque intérêt qu'il soit pour la pratique, ne constitue pas, au point de vue mathématique, une solution proprement dite de la question envisagée, puisqu'il se borne à ramener une représentation à quatre variables à une double représentation à trois. Pour obtenir une méthode directe de représentation dans le cas de quatre variables, *il faut substituer à l'un des systèmes* ∞^1 *du cas de trois variables un système* ∞^2.

Or cela n'est pas possible en général, la représentation simultanée sur un plan de toutes les lignes d'un système ∞^2 étant matériellement irréalisable. Mais cela le deviendra si toutes les lignes d'un tel système peuvent être engendrées soit par un système ∞^1 de déplacements d'un système ∞^1 de lignes tracées sur un transparent, soit par un système ∞^2 de déplacements d'une ligne unique. Au reste, pour qu'un tel mode de génération puisse être utilisé nomographiquement, il faut pouvoir fixer de façon simple la position du plan mobile au moyen de la valeur de la ou des variables servant à la définir.

Pour rendre les choses plus claires, supposons le plan mobile rapporté à deux axes $O'x'$ et $O'y'$.

Dans le premier cas, supposons les déplacements régis par la variable z_3, le système ∞^1 figuré sur le transparent étant coté au moyen de z_4. A chaque valeur de z_3 correspondent une certaine position de O' et une certaine direction de $O'x'$. Le lieu des positions de O', qui forment ici un système ∞^1, sera une certaine ligne L sur laquelle chaque position de O' sera définie par une cote (valeur de z_3 en ce point). En outre, les positions de $O'x'$ passant par chacun de ces points envelopperont une certaine courbe E. Ainsi l'ensemble de l'échelle (z_3) portée par la ligne L et de l'enveloppe E définira entièrement la position du transparent pour chaque valeur de z_3. Il suffira ensuite de prendre sur ce transparent la ligne (z_4) passant par le point de rencontre des lignes (z_1) et (z_2) du plan fixe.

---

[1] C'est le cas des abaques hexagonaux à échelle binaire si le fait se produit pour un seul des nomogrammes partiels, à glissement s'il a lieu pour les deux.

Dans le second cas, les positions de O′ correspondant à chaque couple de valeurs de z_3 et z_4 forment un système ∞^2; ce sont les points d'un réseau constitué par deux systèmes ∞^1 cotés, l'un au moyen de z_3, l'autre au moyen de z_4. En outre, à chacune de ces positions correspond une certaine direction pour $O'x'$. L'ensemble ∞^2 de ces directions peut se décomposer ainsi : ensembles ∞^1 des tangentes aux courbes D d'un système ∞^1 (1). Ces courbes étant tracées sur le plan, la direction en chaque point (z_3, z_4) du réseau est celle de la tangente à la courbe D qui passe en ce point (2).

Si la ligne unique tracée dans ce cas sur le transparent se réduit à une droite, celle-ci peut être prise pour $O'x'$ (3). On peut, au surplus, modifier le procédé de détermination nomographique de cette droite en recourant à un ensemble d'enveloppes E comme ci-dessus. En effet, le système ∞^1 de toutes ses positions correspondant à une valeur donnée de z_3 constitue l'ensemble des tangentes à une certaine courbe E que l'on cotera (z_3); de même pour (z_4). La réunion de ces deux systèmes ∞^1, (z_3) et (z_4), permet alors de définir entièrement le système ∞^2 des droites $O'x'$ dont il suffit de prendre le concours avec les courbes (z_1) et (z_2). Lorsque les enveloppes (z_3) et (z_4) se réduisent à des points (distribués respectivement sur deux lignes S_3 et S_4), on retombe sur la *méthode des points alignés dans le cas de deux échelles simples et d'un réseau de points à deux cotes* (4) dans laquelle, effectivement, l'ensemble des positions de l'index forme bien un système ∞^2.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur un dispositif de surface portante pour aéroplane.* Note de M. **Maurice Caron**, présentée par M. Painlevé.

La réalisation d'un aéroplane qui permettrait d'utiliser les routes constituerait un progrès considérable.

---

(1) Cette représentation se confond avec celles des intégrales d'une équation différentielle quelconque du premier ordre.

(2) Tous les modes possibles de détermination nomographique au moyen de l'ensemble des deux plans, dans le cas de quatre variables, rentrent soit dans le groupe A_4^2 de notre première classification (*T. N.*, p. 410), soit dans les types (2) à (4) de la seconde (*C. G. N.*, p. 372).

(3) Dans ce cas, la ligne pouvant, tout en restant superposable à elle-même, recevoir une translation suivant sa direction, la coïncidence de O′ et du point (z_3, z_4) devient superflue. Cela rentre dans le cas des *contacts indéterminés* de notre théorie générale (*T. N.*, p. 395, et *C. G. N.*, p. 368).

(4) *T. N.*, p. 320, et *C. G. N.*, p. 238.

Pour réduire l'envergure à 2^m ou $2^m,50$ il est nécessaire de superposer les surfaces portantes. Or les tentatives faites jusqu'ici dans ce sens ont échoué, car elles conduisent à mettre le centre de gravité bien au-dessous du centre de poussée de l'air, ce qui donne lieu à des oscillations difficiles à réprimer, donc dangereuses, parce que des modifications légères de l'état de l'air ou de la position de l'appareil engendrent des couples perturbateurs notables.

D'autre part, une disposition où le centre de gravité de l'appareil serait voisin du centre de pression rendrait le départ impossible.

Mais relions les surfaces portantes (*persienne*) au corps de l'appareil, non point d'une façon rigide, mais par l'intermédiaire d'un axe perpendiculaire au plan de symétrie de l'appareil et passant au bas de la persienne et un peu au-dessus du centre de gravité du corps de l'appareil; on réduit considérablement les couples perturbateurs.

La persienne est constituée d'un grand nombre de surfaces légèrement concaves vers le sol, disposées par rapport aux montants de façon que la résultante des poussées de l'air soit oblique par rapport aux montants et passe derrière le point de suspension O de la persienne.

Pour une vitesse donnée v, il existe une position d'équilibre de la persienne, position où la persienne est plus ou moins rejetée en arrière, et pour laquelle la résultante des poussées et du poids de la persienne passe par O. On voit aisément que cet équilibre est stable. L'expérience confirme cette conclusion et montre que cet état d'équilibre est atteint sans oscillations sensibles.

Il est donc possible, grâce à cette articulation, de constituer une surface portante dont le centre de poussée soit bien au-dessus du centre de gravité de la masse à porter, sans rencontrer les inconvénients dus à l'écartement de ces points dans les surfaces liées rigidement.

Quant à la diminution de l'envergure, outre qu'elle rend possible le départ sur route, elle rend aussi l'appareil moins sensible aux remous d'air. L'axe d'articulation permet de coucher la surface pendant le transport, pendant le remisage, pendant la mise en vitesse.

Remarquons aussi que, l'envergure étant plus faible, la surface travaille bien moins en porte à faux et est par suite plus légère à solidité égale.

Insistons maintenant sur la constitution de la persienne. Les appareils actuels sont constitués par des surfaces dont la profondeur dans le sens du déplacement et l'écartement sont de l'ordre du mètre; or j'ai constaté expérimentalement qu'on peut rapprocher ces surfaces à quelques millimètres

pourvu que leur profondeur soit proportionnée. Le Tableau ci-dessous indique les résultats obtenus :

	Nombre d'aubes.	Écartement des aubes.	Dimensions de l'aube.	Encombrement de la persienne.	Surface totale.	Poids soulevé.	Vitesse à l'heure.
		mm	mm mm	dm²	dm²	g	km
A.	79......	12	98 × 11	9,2	8,5	475	32
	»	»	»	»	»	580	35
	»	»	»	»	»	819	48
B.	166......	6	98 × 11	10	17,8	800	40
	»	»	»	»	»	1086	48
	»	»	»	»	»	1270	55
C.	180......	5,6	98 × 5	10	8,8	422	40
D.	360......	2,8	98 × 5	10	17,6	740	40
E.	180......	12,5	100 × 23	10	18,4	894	38

Il ressort de ces chiffres, malgré les erreurs d'expériences :

1° Qu'entre les surfaces A et B d'une part, C et D d'autre part, faites avec les mêmes aubes, mais avec des écartements différents, on utilise mieux la masse d'air rencontrée en mettant plus d'aubes dans une même section.

La résistance à la pénétration donnée par l'inclinaison de la persienne est restée à peu près la même, le poids seul a augmenté avec le nombre d'aubes.

2° Que, quoique entre D et E les dimensions en profondeur aient passé de 5^{mm} à 23^{mm}, les chiffres obtenus 740^{g} et 894^{g}, pour des vitesses voisines 40^{km} et 38^{km}, ne sont pas très différents.

Si les aubes de D, qui n'avaient que 5^{mm}, avaient été aussi rigides et aussi régulièrement orientées que celles de E, la différence aurait été encore moins grande.

3° Que les forces de sustentation rapportées à la surface sont au moins égales à celles observées dans les appareils de Farman, Wright, etc., pour des vitesses analogues et sensiblement doubles rapportées à l'encombrement.

Cette dernière observation est confirmée par des expériences faites sur une surface formée de 730 aubes de 150^{mm} de long et 25^{mm} de profondeur et mesurant en total $1^{m},25$ de haut et $1^{m},05$ de large, soit $1^{m^2},30$ d'encombrement et $2^{m^2},75$ de surface totale. Elle a porté 32^{kg} à 60^{km} à l'heure, soit $24^{kg},5$ au mètre carré d'encombrement et $11^{kg},6$ au mètre carré de surface, c'est-à-dire sensiblement le chiffre obtenu par des appareils à grandes surfaces.

La résistance à la pénétration, qui est donnée par l'inclinaison de la surface, est voisine de celle que présentent les appareils ordinaires.

L'emploi d'aubes très peu profondes et très rapprochées diminue donc l'encombrement des surfaces sans réduire leur efficacité. Cette disposition présente en outre l'avantage de rendre à peu près négligeable le déplacement du centre de poussée de l'air, ce qui diminue encore l'intensité des perturbations.

Une théorie d'appareils à aubes très rapprochées peut être faite, moyennant quelques hypothèses, d'une façon très simple et sans coefficient. Elle serait trop longue à établir dans cette Note ; je dirai seulement qu'elle conduit à des rendements de 80 pour 100 pour les surfaces décrites ci-dessus.

PHYSIQUE. — *Sur un fait d'apparence anormale auquel donnent quelquefois lieu les transformateurs industriels.* Note de MM. **Gacogne** et **A. Léauté**, présentée par M. Lippmann.

Au cours d'expériences faites avec des transformateurs industriels, nous avons observé un phénomène qui paraît singulier au premier abord, mais dont nous avons réussi à trouver l'explication ; ce phénomène est le suivant :

Soient aa' et bb' les enroulements secondaires de deux transformateurs A et B. Les appareils employés pour cette expérience étaient des transformateurs de 13 kilowatts ; on faisait passer un courant alternatif de 12 ampères, 98 volts, 53 périodes, dans l'enroulement primaire de chacun d'eux, et l'on obtenait ainsi, en circuit ouvert, une différence de potentiel efficace de 20000 volts entre les extrémités a et a' ou b et b' des enroulements secondaires.

Dans ces conditions, si d'une part on connecte a et b aux bornes d'un ampèremètre α_1, et que d'autre part on relie a' et b' par un circuit comprenant un second ampèremètre α_2 et un éclateur E, on constate, pour un courant primaire de 12 ampères, 110 volts et une distance convenable des boules de l'éclateur E, que les deux ampèremètres α_1 et α_2, malgré qu'ils soient placés en série, sont parcourus par des courants d'intensités très différentes : c'est ainsi qu'on voit α_2 marquer 1,8 ampère, tandis que l'aiguille de α_1 reste sensiblement immobile. La même observation peut être faite pour diverses valeurs du courant primaire ; il résulte des nombreux essais effectués par nous que le courant dans α_2 est très supérieur à celui qui parcourt α_1 et que l'intensité de l'un peut quelquefois être égale à cent fois celle de l'autre.

Ce fait, qui surprend au premier abord, peut être expliqué aisément, si l'on se reporte aux recherches faites par l'un de nous sur certains effets

remarquables de la capacité dans les bobines de self-induction [1]; cette capacité est due à ce que, dans une bobine, deux couches consécutives de fil fonctionnent comme les armatures d'un condensateur, dont le diélectrique serait formé par l'isolant qui entoure le fil. Nous allons voir qu'un phénomène semblable se produit dans les transformateurs, que ces appareils comme les bobines de self-induction possèdent une capacité, dont il est parfois indispensable de tenir compte, et qu'en particulier, dans l'expérience que nous venons de décrire, c'est la capacité seule qui est en cause.

Pour le démontrer, nous avons construit un transformateur C, dont l'enroulement secondaire est formé par deux bobines en série; celles-ci sont plates et ont la forme de galettes.

Grâce au nombre considérable de couches de fil que porte chacune de ces bobines, la capacité du transformateur C est minime; de plus, la division de l'enroulement secondaire en deux parties permet de n'avoir entre les couches extrêmes de chaque galette qu'une différence de potentiel égale à la moitié de celle qui existe entre les boules de l'éclateur E. Notons enfin que les noyaux en fer des transformateurs A et B étaient remplacés dans le transformateur C par un noyau en bois.

Nous avons alors répété l'expérience indiquée plus haut en faisant usage de l'appareil C ainsi construit et en faisant jouer aux deux bobines que porte C le rôle qu'avaient précédemment les enroulements secondaires des transformateurs A et B. Dans ces conditions, quels que soient le courant passant dans le primaire et l'écartement des boules de l'éclateur E, les déviations qu'on observe sur les deux ampèremètres sont identiques; mais il suffit, pour reproduire l'anomalie signalée dans la première expérienee, de réunir les extrémités du secondaire du transformateur C aux deux armatures d'un petit condensateur (0,002 à 0,006 microfarad).

Il résulte de cet ensemble d'observations, et ceci peut dans certains cas présenter de l'intérêt, que toute ligne, sur laquelle sont branchés des transformateurs industriels, doit être considérée comme parcourue, à cause de la capacité de ces appareils et tout au moins dans leur voisinage, par des courants oscillatoires de grande fréquence.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une influence du radium sur la vitesse de cristallisation.* Note de M. **Louis Frischauer**, présentée par M. Lippmann.

On doit à M. D. Gernez et à M. G. Tamman des méthodes précises pour l'étude de la vitesse de cristallisation d'un liquide en surfusion consistant

(1) André Léauté, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1209.

à mesurer : 1° la vitesse avec laquelle se propage la cristallisation linéaire dans un tube de verre maintenu à une température constante; 2° l'accroissement du nombre des noyaux de cristallisation dans une substance déposée en gouttelettes uniformes. Certaines observations de MM. Brame et Trautz ayant fait conclure à un effet de la lumière sur ces phénomènes, je me suis demandé si une influence semblable n'était pas exercée également par les rayons des substances radioactives dont on connaît les actions chimiques.

Le soufre m'a semblé convenir le mieux pour ces expériences; en effet, déposé en gouttelettes microscopiques sur un porte-objet, il n'a qu'une très faible tendance à cristalliser spontanément, de sorte qu'une telle préparation peut être conservée pendant des semaines entières à l'état surfondu si l'on a soin d'éviter les poussières et les chocs.

En raison de la tension superficielle élevée du soufre, les gouttes sont hémisphériques et sont séparées les unes des autres par d'assez grands intervalles, ce qui fait que la cristallisation ne se propage qu'assez difficilement d'une goutte à l'autre.

Le soufre employé pour ces expériences (*sulfur purissim. cryst.* Merck) a dû être préalablement soumis à une longue purification pour éliminer les traces d'impuretés goudronneuses. La présence du S_2C influence aussi les expériences d'une manière défavorable, car toute trace provoque la formation de cristaux rhombiques de soufre. Pour carboniser les substances organiques, j'ai maintenu le soufre à une ébullition modérée sans accès d'air pendant 8 heures chaque fois, et ceci à deux reprises; puis je l'ai distillé de 5 à 7 fois dans le vide en ne gardant que les fractions moyennes du distillat. Ces opérations ne prenaient fin que lorsqu'un morceau du produit de la grandeur d'un pois, évaporé sur un verre de montre, ne laissait qu'une bordure presque imperceptible de ce qu'on appelle le *soufre noir* et dont on ne connaît d'ailleurs pas exactement la composition.

Le soufre purifié était déposé aussi uniformément que possible sur des porte-objets en cercles de $3^{cm^2},2$ de surface, par distillation sur un bain de sable. Le dépôt était immédiatement recouvert d'un petit verre de montre et les bords de celui-ci mastiqués extérieurement au porte-objet.

Les gouttes avaient un diamètre de 54^{μ} à 90^{μ}, leur nombre était en moyenne de 65 par millimètre carré. Abandonnée à elle-même, une surface de $1^{cm^2},2$ de ces gouttes a donné en moyenne une goutte cristallisée par jour pendant la durée d'une semaine.

	Nombre de jours.						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.
Nombre de gouttes cristallisées.....	0	2	2	4	5	5	8

Les gouttes trop grandes ou trop petites doivent être exclues de ces cal-

culs; ainsi les gouttes de plus de 180$^{\mu}$ cristallisent en quelques minutes; il en est de même pour les gouttes doubles en forme de biscuit, et de celles qui sont polluées par des poussières; au contraire, les gouttes de moins de 30$^{\mu}$ ne cristallisent que par contact.

Pour étudier l'influence des rayons du radium, chacun des porte-objets ainsi préparés a été recouvert à moitié par une lame de plomb de 5^{mm} d'épaisseur; puis on a posé dessus à une distance de 6^{mm} (à compter du centre du dépôt de soufre) une ampoule en verre mince contenant 25^{mg} de de $RdBr^2$ pur, que Mme Curie a bien voulu mettre à ma disposition.

Dans la moitié qui était exposée aux rayons et que nous désignerons par A, on pouvait observer presque dans tous les cas, à partir de 3 heures d'exposition, un accroissement du nombre des centres de cristallisation au voisinage de l'ampoule. Dans un jour ou deux, ce nombre atteignait le double de celui de la moitié B protégée par l'écran de plomb, et l'augmentation se propageait aussi vers les bords du dépôt. Si l'on pose égal à 100 le nombre de noyaux dans la partie B à chaque moment donné, les valeurs moyennes du nombre correspondant pour la partie A seront données par la Table suivante :

	Temps.							
	3^{h}.	6^{h}.	9^{h}.	15^{h}.	1^{j}.	2^{j}.	3^{j}.	4^{j}.
Nombre de noyaux.....	106,5	119	128	160	180	214	257	282

En outre de l'accroissement du nombre des noyaux, on observe en A généralement, à partir du deuxième jour, une propagation plus rapide de la cristallisation de goutte à goutte, de sorte qu'à la fin du quatrième jour le nombre total des gouttes cristallisées en A est de trois à cinq fois plus élevé qu'en B.

Toutefois, le second phénomène dépend aussi d'autres circonstances : de la vitesse de croissance plus ou moins grande que possèdent les différentes espèces de cristaux qui se forment, de la disposition plus ou moins serrée des gouttes, etc.; par conséquent, on a quelquefois des résultats plus élevés pour une exposition courte que pour une longue.

Après 28 jours d'exposition la partie A d'une préparation accusait un nombre presque cinq fois plus grand de centres et un nombre onze fois plus grand de gouttes cristallisées que la partie B; cependant, même dans le voisinage immédiat du radium, un certain nombre de gouttes conservaient encore leur transparence. Mais, après une chauffe de 6 heures à 70°, j'ai trouvé que toutes les gouttes en A avaient cristallisé sans exception, alors que la partie B n'avait fait que des progrès médiocres. Une exposition de 4 semaines avait donc influencé toutes les gouttes, mais tous les germes formés ne s'étaient pas développés; l'échauffement à 70°, en augmentant la vitesse de croissance, a suffi pour provoquer le développement des germes restés latents.

Je me suis proposé également d'examiner l'action de l'émanation du radium sur ces phénomènes de cristallisation; à cet effet, j'ai déposé une

couche de gouttelettes de soufre sur les parois intérieures d'un cylindre de verre dans lequel le vide avait été fait; puis j'ai introduit dans le cylindre une quantité d'émanation (non desséchée) formée au bout de 4 jours par une solution de 50^{mg} de $RdBr^2$.

Après avoir gardé le cylindre pendant 8 jours dans une position couchée, j'ai pu observer un excès considérable de cristaux dans la moitié inférieure. Après une chauffe de 6 heures à 70°, toutes les gouttes de cette moitié étaient cristallisées, pendant que les autres restèrent transparentes pour la plupart.

Il semble donc que l'action observée soit due moins aux rayons α de l'émanation qu'à l'activité induite qui s'était déposée de préférence sur la moitié inférieure sous l'influence de la vapeur d'eau répandue dans le cylindre et avait provoqué ainsi la formation de centres de cristallisation.

Pour établir si le phénomène étudié était influencé également par des rayons privés de charge électrique, j'ai exposé pendant 20 heures aux rayons Röntgen une préparation de soufre recouverte à moitié d'un écran de plomb, à une distance de 3^{cm} de la source des rayons. Je n'ai pu constater aucune différence entre les deux moitiés relativement au nombre des cristaux.

Il est probable que d'une façon analogue les rayons γ du radium sont sans action sur la transformation cristalline; les effets nouveaux observés seraient alors dus aux rayons β du radium, car les rayons α étaient complètement arrêtés dans mes expériences par le verre de $0^{mm},9$ d'épaisseur qui recouvrait la préparation.

PHYSIQUE. — *Thermo-endosmose*. Note de M. **Aubert**, présentée par M. Lippmann.

L'appareil utilisé pour étudier les phénomènes de thermo-endosmose dérive de celui qui a été indiqué (¹) par M. Lippmann.

Les deux couches liquides, limitées par deux disques A et B, et séparées par la membrane, ont chacune environ $\frac{4}{10}$ de millimètre d'épaisseur. Elles sont respectivement en communication avec deux tubes capillaires horizontaux A' et B', ce qui permet de constater que la quantité de liquide qui apparaît en A' est rigoureusement égale à celle qui disparaît en B'.

(¹) *Comptes rendus*, 2e semestre 1907, n° 2.

Le disque A repose sur un bain de sable, chauffé par un rhéostat, dans lequel on peut faire varier l'intensité du courant; B sert de fond à un vase où circule un courant d'eau froide. On peut ainsi établir une différence de température variable à volonté entre les deux couches liquides que sépare la membrane.

On a placé le tube capillaire A′ à un niveau supérieur à celui du tube B′; la pression exercée par le liquide contenu dans A′ sur la membrane est donc supérieure à la pression exercée par B′, et cependant le sens du mouvement est de B′ vers A′, c'est-à-dire du liquide froid vers le liquide chaud.

Les expériences ont été faites avec des membranes de gélatine, de vessie de porc, de parchemin, des cellules végétales (pomme de terre, carotte) et avec différentes solutions. La nature électrolytique du liquide ne change pas le sens du phénomène; le mouvement a toujours lieu du côté froid vers le côté chaud, que l'eau distillée soit pure ou contienne des électrolytes (acides, sels, bases). Le sens du mouvement est indépendant aussi de la nature de la membrane.

Pour une membrane déterminée, la différence de pression et la différence de température restant constantes, le débit est :

1° Proportionnel à la surface de la membrane;

2° Indépendant du temps;

3° Il dépend de la différence de température entre les deux couches liquides et croît avec celle-ci.

Au lieu de mesurer le débit, on peut chercher la pression nécessaire pour arrêter le mouvement du liquide. Cette pression peut, dans certains cas, dépasser l'atmosphère.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la charge de l'ion négatif d'une flamme.* Note de M. **Georges Moreau**, présentée par M. E. Bouty.

La charge e de l'ion d'un gaz peut être déduite de la formule générale de la théorie cinétique :

$$\frac{K}{D} = \frac{3e}{2\alpha T}, \tag{1}$$

dans laquelle : $K =$ la mobilité de l'ion; $D =$ son coefficient de diffusion à travers le gaz; $T =$ la température absolue; $\alpha =$ la constante d'énergie moléculaire, connue d'autre part.

La mesure de $\frac{K}{D}$ donne celle de e. Cette détermination se fait très simple-

ment, pour l'ion négatif des flammes, avec un dispositif peu différent de celui que j'ai employé pour évaluer la masse du même ion ([1]).

Une flamme F brûle verticalement au contact d'une lame A en tôle de fer de $1^{mm},6$ d'épaisseur, en face de laquelle, du côté opposé à la flamme, on a placé une lame semblable B, limitant, avec la première, un intervalle d'air M de 2^{mm} d'épaisseur. Entre les deux lames, existe un champ électrique X dirigé de B vers A. Si l'on introduit une perle de sel de sodium dans la flamme F, un courant se produit entre les lames : il est dû aux ions négatifs de la flamme F, qui *filtrent à travers la lame chaude* A, beaucoup plus rapidement que les ions positifs, et sont ensuite entraînés vers B par diffusion et par le champ X.

L'intensité du courant se calcule aisément.

Soient :

N, n_0, n les densités des ions négatifs dans la flamme F, dans le milieu M au voisinage et à la distance x de la lame A ;
δ la distance des lames A et B ;
V la différence de potentiel établie entre elles ;
i le courant par unité de surface.

On a

$$\frac{i}{e} = -\mathrm{D}\frac{dn}{dx} + n\mathrm{KX} \tag{2}$$

et à travers A

$$\frac{i}{e} = \alpha_0 \mathrm{N} - \beta n_0, \tag{3}$$

où α_0 et β sont deux constantes positives qui dépendent de la température de la flamme, de celle du milieu M, des vitesses d'agitation des ions négatifs dans F et M, et qu'il est possible de mesurer, ainsi que je le montrerai prochainement.

Pour $x = 0$, $n = n_0$; pour $x = \delta$, $n = 0$. Il vient, en supposant le champ X uniforme et égal à $\frac{V}{\delta}$,

$$i = \frac{\alpha_0 e \mathrm{NKX}\varepsilon^z}{(\beta + \mathrm{KX})\varepsilon^z - \beta} \quad \text{avec} \quad z = \frac{\mathrm{KV}}{\mathrm{D}}. \tag{4}$$

Pour les faibles champs, KX est négligeable devant β : dans mes expériences KX reste inférieur à $\frac{\beta}{100}$.

L'équation (4) s'écrit alors

$$i = i_0 \frac{z\varepsilon^z}{\varepsilon^z - 1} \quad \text{avec} \quad i_0 = \frac{\alpha_0 e \mathrm{ND}}{\beta\delta}. \tag{5}$$

([1]) *Comptes rendus*, 8 février 1909.

Cette formule est bien vérifiée par l'observation; elle donne, par un calcul simple, le rapport $\frac{K}{D}$ pour le milieu M, à la température T.

L'expérience consiste à noter au galvanomètre le courant avec et sans perle de sel dans la flamme F, pour des potentiels V croissant de 0^{volt} à $1^{volt},5$, d'où, par différence, le courant i de la formule (5).

Un couple thermo-électrique mesure la température absolue T de l'intervalle d'air M, qu'on maintient élevée au moyen d'une seconde flamme qui brûle au contact de la lame B. Le courant i n'a pas dépassé un centième de micro-ampère.

Voici les résultats de neuf séries d'observations; dans la formule (1), on a pris pour α la valeur $1,7.10^{-16}$ indiquée par Jean Perrin :

T = 780°.	T = 723°.
$e = 4,5.10^{-10}$	$e = 4,2.10^{-10}$
$4,8.10^{-10}$	$4,1.10^{-10}$
$4,3.10^{-10}$	$4,2.10^{-10}$
$4,2.10^{-10}$	$4,1.10^{-10}$
	$4,4.10^{-10}$

d'où, comme moyenne en unités électrostatiques,

$$e = 4,3.10^{-10}.$$

Ce nombre est compris entre ceux indiqués, pour la charge d'un électron, par Millikan, $4,06.10^{-10}$ et Perrin, $4,1.10^{-10}$, et celui de Rutherford, $4,65.10^{-10}$.

PHYSIQUE. — *Sur la décharge des inducteurs.* Note de M. E. CAUDRELIER, présentée par M. E. Bouty.

Au cours de ses recherches sur les différents modes de décharge des inducteurs, Klingelfuss a le premier signalé que, si l'on intercale dans le circuit qui réunit les deux pôles d'un de ces appareils une coupure de 10^{cm} à 100^{cm} de longueur, l'étincelle produite par la décharge présente, lorsqu'on la souffle par un courant d'air, toute une série de stries lumineuses régulièrement espacées. Si l'on en croit la théorie développée à ce sujet par Klingelfuss, Walter, Schnell et tout récemment encore par M. Corbino (1), ce phénomène serait dû à l'influence du condensateur placé aux

(1) CORBINO, *Il Nuovo Cimento*, 1909.

bornes de l'enroulement primaire et destiné à rendre plus brusques les ruptures du courant d'alimentation; par suite de l'existence de cette capacité, le primaire donnerait naissance à des oscillations, qui, se transmettant par induction au secondaire, provoqueraient dans l'étincelle les stries observées par Klingelfuss.

J'ai repris les expériences de Klingelfuss en substituant aux grandes étincelles qu'il étudiait des étincelles courtes, ayant au maximum 2^{cm} de longueur. J'ai constaté qu'en soufflant ces étincelles courtes on obtenait un phénomène semblable à celui de Klingelfuss; mais j'ai de plus observé, ce qui est de nature à infirmer, dans le cas des étincelles courtes, la théorie rappelée plus haut, que l'aspect de l'étincelle n'était pas modifié lorsqu'on supprimait le condensateur placé sur le circuit primaire.

Le soufflage de l'étincelle se fait au moyen de l'appareil imaginé par M. Hemsalech, ou simplement en dirigeant un courant d'air entre deux pointes de fer servant d'électrodes. La longueur de la coupure varie de $0^{cm},3$ à 2^{cm}; l'étincelle est produite par un transformateur Rochefort, auquel on adjoint un interrupteur Contremoulins; c'est sur ce dernier qu'est placé le condensateur, dont la capacité C est d'ailleurs variable.

Dans ces conditions, si l'on imprime au courant d'air une vitesse suffisante, on voit apparaître dans l'étincelle une grande quantité de stries régulières et très lumineuses. Si l'on fait varier la capacité C, en ayant soin de laisser fixes la vitesse du courant d'air et toutes les autres données de l'expérience, on constate qu'aucun changement appréciable ne peut être décelé dans l'étincelle et que l'on peut même, sans modifier l'aspect de cette dernière, mettre hors circuit le condensateur.

Dans ce cas, il ne reste au primaire d'autre capacité que celle du transformateur lui-même : or, il résulte des expériences de M. André Léauté [1] que cette capacité doit être au plus de l'ordre du dix-millième de microfarad, et M. Johnson [2] a montré qu'une capacité aussi faible ne pourrait donner lieu, dans le circuit primaire, à des oscillations susceptibles d'être décelées expérimentalement.

On est donc conduit à penser que, dans l'expérience décrite plus haut, la constitution particulière de l'étincelle est due plutôt à la présence d'une coupure sur le secondaire qu'à l'existence du condensateur sur le primaire.

Cette manière de voir a été confirmée par l'expérience suivante : lorsqu'on fait varier la vitesse du courant d'air, l'aspect de l'étincelle ne se modifie pas de façon aussi simple que l'avait pensé Klingelfuss. Si l'on augmente progressivement la force du soufflage, les stries lumineuses s'écartent d'abord; mais, à partir d'une valeur déterminée, que j'appellerai *valeur critique* du courant d'air, on les voit, par un mouvement inverse, se rapprocher de nouveau, jusqu'à venir finalement se confondre sur la ligne qui joint les électrodes, pour former un trait lumineux unique, émettant un bruit strident.

---

(1) André Léauté, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 339.

(2) K.-R. Johnson, *Annalen der Physik*, 4e série, t. II, p. 179.

Cette expérience montre l'influence du soufflage sur la forme de l'étincelle et permet de penser qu'il faut attribuer à l'air ionisé, formant la coupure, un rôle important dans la production de ce phénomène.

ÉLECTRICITÉ. — *Le* téléautocopiste *de Laurent Sémat pour la transmission des images à distance.* Note [1] de M. **Laurent Sémat**, présentée par M. Cailletet.

Le téléautocopiste de L. Sémat est un système d'appareils permettant de transmettre à distance, au moyen des lignes télégraphiques ordinaires, les dessins, écritures, ou tous autres graphiques tracés ou imprimés.

Un cylindre transmetteur et un cylindre récepteur de plus grand diamètre que le précédent sont entraînés chacun, à distance, par un moteur quelconque n'exigeant aucune surveillance. Ces cylindres sont (bien que de différents diamètres et, par conséquent, de surfaces périphériques inégales) de même hauteur lorsqu'il s'agit de reproduire une image de même format que celle originale.

Sur le cylindre le plus petit en diamètre est enroulée une feuille métallique sur laquelle est tracée ou imprimée l'image à transmettre; le format de cette image occupe tout le pourtour de ce cylindre.

Un style émetteur repose sur cette feuille; il est chargé d'admettre dans la ligne les émissions de courant qui reproduisent l'image, lorsqu'il rencontre des parties conductrices de la feuille métallique.

Sur le cylindre de plus grand diamètre sont enroulées une feuille de papier carbone et, sur celle-ci, une feuille de papier pelure ordinaire. Si l'on admet que la différence des surfaces périphériques des deux cylindres soit de $\frac{1}{8}$, il en résulte qu'en format égal l'image reproduite n'occupe que les $\frac{7}{8}$ du pourtour total du plus grand.

Or, les vitesses angulaires de rotation de ces cylindres sont dans le même rapport que les surfaces périphériques, c'est-à-dire que le petit cylindre accomplit un tour complet dans les $\frac{7}{8}$ du temps que met le grand cylindre à en accomplir un.

Le premier, après avoir terminé chaque tour, s'arrête et attend pour repartir que le second ait fini d'évoluer sur le huitième de son pourtour dépourvu

(1) Présentée dans la séance du 3 mai 1909.

d'image et qu'il provoque le départ à nouveau du petit cylindre qui attend que le grand le lui permette, cela à chaque tour. Il résulte de ce qui précède que, partant d'un même point repère fixe en même temps (synchronisme), les deux cylindres offrent pendant une durée de temps égale (isochronisme) des longueurs périphériques égales sous leurs styles respectifs.

L'avancement longitudinal des deux styles, émetteur et reproducteur, est semblable sur les deux cylindres pendant leur passage sur les images pour des reproductions en formats égaux aux originaux.

Pour des reproductions en formats réduits ou agrandis, les diamètres des cylindres y subissent des rapports relatifs, ainsi que la marche longitudinale proportionnelle des styles.

Les avantages du téléautocopiste Sémat sont les suivants :

L'isosynchronisme réalisé d'une façon parfaite.

L'exclusion du sélénium et de la photographie. Dans le téléautocopiste toutes les opérations *ont lieu en plein jour et par des moyens purement mécaniques*.

Un réglage facile, sans connaissances spéciales. L'adaptation sur les lignes télégraphiques ou téléphoniques ordinaires.

L'enregistrement visible immédiatement pendant la reproduction, sans opérations ultérieures. L'absence d'organes pouvant rapidement se modifier par le temps.

Et enfin une rapidité de transmission qui peut être jusqu'à 5 minutes pour un format 7×12.

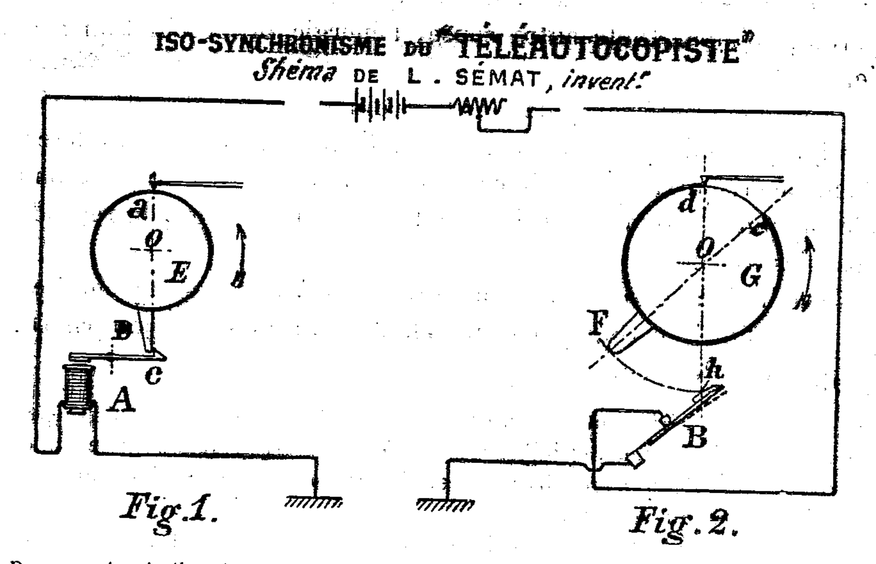
L'appareil *téléautocopiste* ici présent, sur lequel une transmission va être faite, a été construit sur mes indications et d'après mes appareils de laboratoire, dans la maison F. Ducretet et E. Roger, à Paris.

Pendant la présentation, une image fut transmise entre l'appareil transmetteur placé dans la Salle des Bustes et l'appareil récepteur placé dans la Salle des Séances. Cette image, dessinée au trait, représentait le portrait de F. Arago et un texte signé par M. Cailletet.

La vitesse angulaire de rotation du plus petit (*fig.* 1) est plus grande que celle du second (*fig.* 2). Il en résulte que lorsque les deux cylindres sont en marche, à distance l'un de l'autre, le cylindre de plus petit diamètre, après une première révolution, est arrêté à la rencontre du butoir C par sa butée D et attend que le second, de plus grand diamètre, mais évoluant moins vite, produise l'interruption du courant de ligne qui permet à l'électro A de libérer son armature et conséquemment la butée qui le maintient à l'arrêt.

Les points de repère fixes d'où chacun d'eux recommence *en même temps* ses révolutions complètes sont, pour l'un (*fig.* 1), le butoir C et, pour l'autre (*fig.* 2), l'interrupteur B, au point de rencontre *h*; de là, le *synchronisme*.

A titre d'exemple, il a été admis que les différences des deux cylindres sur leur périphérie est de $\frac{1}{8}$; si la vitesse angulaire pour chaque tour du cylindre le plus petit (*fig.* 1) est de $\frac{1}{8}$ du temps plus rapide que celle du



Dans un circuit électrique sont intercalés : 1° à un poste (*fig.* 1) un électro-aimant A; 2° à un autre poste (*fig.* 2) un interrupteur B.

En figure 1, l'électro-aimant a pour armature un butoir C, occupant une position qui lui permet de maintenir à l'arrêt la butée D d'un cylindre rotatif E dont elle est solidaire, et cela tant que l'électro A est excité.

En figure 2, l'interrupteur B coupe le courant de ligne toutes les fois qu'il est rencontré par la came F, solidaire d'un cylindre rotatif G dont les révolutions sont continues.

Le premier cylindre E (*fig.* 1) est de plus petit diamètre que le cylindre G (*fig.* 2). (Supposons à titre d'exemple que cette différence entre eux est de $\frac{1}{8}$ sur la périphérie totale.)

cylindre le plus grand (*fig.* 2), il en résulte que les deux cylindres en rotation et commençant chacune de leurs révolutions *en même temps* passeront aussi *dans le même temps* ou en *isochronisme* devant deux points de repère fixes correspondants, et cela sur des longueurs périphériques égales. Seul le cylindre de plus grand diamètre continuera à évoluer sur $\frac{1}{8}$ de sa périphérie pendant que le cylindre de plus petit diamètre attendra pour repartir que le premier ait achevé sa révolution complète.

PHYSIQUE. — *Sur la téléphonie sans fil.* Note de MM. **Colin** et **Jeance**, présentée par M. Alfred Picard.

Les appareils émetteurs ont été étudiés pour permettre de rayonner une oscillation entretenue simple, d'énergie constante, lorsque le dispositif microphonique n'est pas en fonction.

Quand celui-ci est soumis à l'action des ondes sonores produites soit par la parole, soit par toute autre cause, l'énergie de l'oscillation rayonnée varie.

Un récepteur de télégraphie sans fil ordinaire utilisant soit un détecteur électrolytique, soit un détecteur basé sur l'effet Edison, soit un détecteur à contacts de cristaux, soit un détecteur magnétique, etc., impressionné par l'onde rayonnée, donne, dans les écouteurs téléphoniques, la reproduction des paroles transmises.

Les oscillations entretenues sont produites à l'origine en employant le dispositif indiqué en 1892 par Elihu Thomson, repris en 1900 par Duddell et en 1903 par Poulsen.

Plusieurs arcs en série sont alimentés sous une tension de 600 volts, qui peut être variée au gré de l'opérateur, et jaillissent soit à l'air libre, soit dans une atmosphère de gaz d'éclairage, de carbure d'hydrogène, d'acétylène, ou encore dans du pétrole, de l'alcool, des huiles lourdes, etc.

Un rhéostat et des self-inductions intercalés sur le circuit d'alimentation des arcs permettent : le premier, de régler le débit et d'assurer dans une certaine mesure la stabilité; les deuxièmes, de s'opposer au passage des oscillations.

Un premier circuit oscillant comprend les arcs en série, une capacité réglable, une self réglable formant primaire d'un transformateur Tesla et un interrupteur. Un voltmètre est monté en dérivation aux bases des arcs. Si l'on étudie les phénomènes qui se passent dans ce premier circuit, à l'aide d'un ondemètre, par exemple, on constate qu'il est le siège d'un grand nombre d'oscillations entretenues qui ne suivent pas la loi harmonique et que chaque variation, même très légère, de la longueur des arcs entraîne une variation correspondante de la longueur et de l'intensité des oscillations créées.

Il résulte de ceci qu'une antenne attaquée par l'intermédiaire d'une self-induction formant secondaire du Tesla, dont le primaire serait constitué par la self du circuit des arcs, vibrera sous l'action de plusieurs des oscillations créées dans ce circuit et ne rayonnera, par conséquent, pas une oscillation simple et d'énergie constante.

L'aiguille du milliampèremètre de l'ondemètre indique bien, dans ces

conditions, par ses vibrations rapides de part et d'autre d'une position moyenne, l'instabilité de l'oscillation rayonnée.

Les inventeurs ont, en conséquence, cherché :

1° *A obtenir des arcs d'une fixité aussi invariable que possible ;*

2° A obtenir dans l'antenne une oscillation simple invariable.

Pour satisfaire au desideratum n° 1, ils emploient :

1° Plusieurs arcs en série;

2° Des électrodes positives constituées par de larges cylindres de cuivre à calotte plate, refroidies par une circulation intérieure d'un liquide isolant réfrigérant;

3° Des électrodes négatives constituées par un très mince crayon de charbon porté par un support à grande surface servant de radiateur.

Dans ces conditions, les circuits étant convenablement réglés, l'arc se fixe, les électrodes positives ne sont point attaquées, les électrodes négatives augmentent lentement et très régulièrement de longueur (sauf lorsque les arcs jaillissent dans un milieu contenant de l'oxygène) par suite du dépôt de charbon qui se forme à leur extrémité active, dépôt provenant de la décomposition du carbure d'hydrogène sous l'action des arcs.

Lorsque ces derniers jaillissent à l'air libre ou dans un milieu contenant de l'oxygène, on doit augmenter considérablement leur nombre en série et constituer la partie active de l'électrode négative par une large surface de charbon parfaitement dressée.

Pour satisfaire au desideratum n° 2, les inventeurs emploient un deuxième circuit oscillant, à caractéristiques électriques invariables et comprenant : une self-induction réglable formant secondaire d'un transformateur Tesla dont le primaire est constitué par la self réglable du circuit oscillant des arcs, un ou plusieurs condensateurs réglables et une self-induction formant primaire d'un deuxième Tesla.

Ce circuit intermédiaire est accordé sur l'une des oscillations créées dans le courant des arcs.

Enfin, une quatrième self-induction réglable est reliée par un point convenablement choisi à l'antenne par l'intermédiaire d'une self d'antenne et par une de ses extrémités à la terre.

Dans ces conditions les accords étant réalisés, l'oscillation rayonnée est simple et d'une constance absolue comme longueur et énergie. On le vérifie à l'aide d'un ondemètre.

L'ensemble microphonique est placé dans un circuit contenant une résistance réglable et relié par une de ses extrémités à la terre et par l'autre à un point convenablement choisi du secondaire du deuxième Tesla.

On agit ainsi sur l'accouplement de ce transformateur et l'on obtient, pour des variations du très faible courant qui traverse l'ensemble microphonique, des variations

convenables de l'intensité du courant relativement très élevé qui circule dans l'antenne.

Pour supprimer les troubles dus à la variation de résistance de l'ensemble microphonique au repos, diminuer les étincelles et augmenter la sensibilité ainsi que la pureté de la transmission, les inventeurs emploient un très grand nombre de microphones montés en série.

Ces microphones, spécialement étudiés, ne contiennent aucune matière combustible; la grenaille de charbon est logée dans des cavités circulaires creusées dans une plaque de marbre ou d'ardoise.

La plaque vibrante est maintenue à l'écartement convenable de la grenaille par une rondelle métallique.

En résumé, les points particulièrement intéressants de ces appareils sont :

1° La disposition des électrodes négatives des arcs assurant leur fixité;

2° L'utilisation d'un circuit intermédiaire permettant d'obtenir une oscillation simple constante;

3° La disposition et la constitution de l'ensemble microphonique.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'émanation du radium.* Note de M. A. **Debierne**, présentée par M. A. Haller.

J'ai entrepris depuis plusieurs mois une série d'expériences sur les propriétés de l'émanation du radium à l'état concentré. Ces expériences ont pu être exécutées grâce à l'obligeance de Mme Curie, qui a bien voulu mettre à ma disposition une solution contenant une forte proportion de radium (environ 2dg de radium).

M. Ramsay, en collaboration avec MM. Soddy, Collie et Cameron, a publié plusieurs Mémoires sur la préparation et les propriétés de l'émanation du radium. Les résultats les plus importants indiqués par M. Ramsay et ses collaborateurs sont les suivants : l'émanation est bien un gaz, son volume peut être déterminé; elle possède un spectre particulier, elle donne lieu à la production d'hélium. Par des expériences récentes, MM. Rutherford et Royds ont confirmé ces résultats; ils ont décrit très complètement le spectre de l'émanation et en ont donné la photographie, ils ont déterminé également le volume occupé par l'émanation en équilibre avec une quantité donnée de radium. Cependant le nombre qu'ils ont donné, $0^{mm^3},6$, pour l'émanation en équilibre avec 1g de radium est très différent de celui indiqué en dernier lieu par MM. Ramsay et Cameron (7^{mm^3} pour la même quantité de radium).

Les observations que j'ai faites au cours de ce travail confirment d'une façon générale les résultats précédents. Ils s'accordent particulièrement bien avec ceux de MM. Rutherford et Royds.

L'émanation dégagée par une solution de radium se trouve mélangée à une grande quantité d'hydrogène et d'oxygène produits par la décomposition de l'eau, à une quantité plus petite de gaz carbonés et azotés provenant de l'altération de la graisse des robinets, et enfin à une petite quantité d'hélium.

Pour éliminer les gaz absorbables (H,O,Az, etc.) j'ai employé la méthode qui m'a déjà servi en 1905 pour démontrer la production de l'hélium par les sels d'actinium. Par l'action du cuivre et de l'oxyde de cuivre, l'oxygène est absorbé, l'hydrogène est transformé en H^2O et les gaz carbonés en CO^2; l'eau est absorbée par l'anhydride phosphorique, le gaz carbonique par la potasse fondue; enfin l'azote est absorbé par du lithium légèrement chauffé.

L'émanation est séparée de l'hélium par condensation au moyen de l'air liquide. Un dispositif particulier est employé pour obtenir une condensation fractionnée et observer séparément les gaz condensés à des températures différentes, et l'hélium non condensé. Les différentes portions gazeuses sont refoulées à l'aide du mercure dans des tubes capillaires; on établit ensuite la pression atmosphérique et l'on détermine le volume du gaz en mesurant à la machine à diviser la longueur de la bulle gazeuse et le diamètre du tube capillaire. Dans certaines expériences, chaque portion gazeuse a été divisée en deux parties égales; une partie remplissait un petit tube de Plücker de quelques millimètres cubes de capacité et servant à l'examen du spectre; l'autre partie était comprimée jusqu'à la pression atmosphérique, et son volume était déterminé.

La portion du gaz la plus fortement radioactive, qui par conséquent contient la plus grande partie de l'émanation, est celle qui se condense entre $-175°$ et $-150°$. Ce gaz donne un spectre particulier très brillant. Un premier examen des clichés spectrographiques ne m'a pas montré de différence avec ceux obtenus par MM. Rutherford et Royds. Le spectre de l'hélium est d'abord complètement absent; il apparaît peu à peu avec le temps et, dans certains cas, est devenu très brillant.

Le gaz non condensable donne le spectre de l'hélium pur; je n'y ai jamais constaté la présence de néon.

Le volume de l'émanation diminue assez fortement pendant les premières heures qui suivent la préparation sous forme de bulle à la pression atmosphérique. Après cette diminution, déjà constatée autrefois par MM. Ramsay et Soddy, le volume est assez bien déterminé. J'ai supposé, comme MM. Rutherford et Royds, que le volume mesuré après la contraction initiale représente le volume de l'émanation.

Le rayonnement pénétrant émis par la bulle gazeuse ayant été mesuré et comparé à celui émis par une ampoule contenant une quantité bien déterminée de chlorure de radium pur, j'ai pu calculer le volume occupé par l'émanation en équilibre avec 1^g de radium.

J'ai constaté que, pour des durées d'accumulation de l'émanation très différentes, le volume obtenu est toujours proportionnel à l'activité. Ainsi,

pour une accumulation de 3 jours, on a obtenu $0^{mm^3},6$ pour l'émanation de 1^g de radium; pour une accumulation de 6 jours, $0^{mm^3},52$; pour une accumulation de 9 jours, $0^{mm^3},61$; pour une accumulation de 32 jours, $0^{mm^3},59$. La moyenne 0,58 est tout à fait d'accord avec le nombre trouvé par MM. Rutherford et Royds.

J'ai déterminé aussi les courbes de décroissance de l'intensité du rayonnement émis par les différentes portions gazeuses. Les portions condensables m'ont donné des résultats très concordants; la diminution de moitié se produit en moyenne au bout de 3,81 jours.

Pour la petite quantité d'émanation non condensée et mélangée à l'hélium, la décroissance observée a été un peu plus lente (diminution de moitié en 4,1 jours). Des expériences sont en cours en vue de confirmer ce résultat et d'étudier cette anomalie ([1]).

Au cours de ces expériences, j'ai observé un curieux phénomène. Les petits tubes contenant l'émanation à la pression atmosphérique ont été le siège de décharges électriques spontanées, visibles en plein jour. Ces décharges sont parfois très fréquentes (certains tubes donnaient une étincelle par minute). Elles se présentent souvent sous forme d'étincelles très fines pouvant atteindre plusieurs millimètres de longueur, qui se produisent à l'intérieur du verre du tube capillaire. Le tube est alors sillonné de petites fêlures résultant du passage des étincelles. Ces étincelles partent parfois d'un point très brillant situé sur la surface du tube en contact avec l'émanation. Enfin, quelquefois la décharge électrique se produit à travers l'émanation elle-même qui s'illumine assez fortement. Ces décharges disruptives se produisent seulement avec certaines espèces de verre. Le verre

([1]) Dans un Mémoire paru tout récemment (*Phil. Mag.*, mai 1909), M. Rutherford signale une différence analogue dans les lois de décroissance. L'explication la plus simple d'une telle différence, c'est qu'il existe deux émanations distinctes et qu'on a opéré un fractionnement entre ces deux émanations. On peut imaginer aussi une autre explication. La loi de destruction de l'émanation montre que les différents atomes ont des durées de vie extrêmement variées, c'est seulement la vie moyenne qui est fixe. Si aucune cause extérieure n'intervient pour provoquer ou influencer les transformations radioactives, ce qui n'est pas encore démontré, il faut nécessairement supposer que les différents atomes d'émanation, au moment de leur production par le radium, ne sont pas absolument identiques entre eux; puisque certains vont se détruire immédiatement et que d'autres vont attendre très longtemps avant de se transformer. On peut alors imaginer que la condensation a opéré une certaine sélection entre ces différents atomes.

qui présentait le plus fréquemment le phénomène était un verre fusible contenant du plomb et qui, cependant, prenait une teinte violette sous l'influence des rayons de l'émanation.

Des tubes de verre contenant une forte proportion de plomb n'ont pas présenté le phénomène de décharge disruptive.

Ce phénomène peut être attribué à l'accumulation dans le verre des charges électriques des rayons α et β émis par l'émanation, lorsque le verre est un isolant suffisamment parfait.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons anhydres du chlorure de thorium avec les chlorures alcalins*. Note de M. **Ed. Chauvenet**, présentée par M. A. Haller.

Certaines combinaisons, anhydres ou hydratées, formées par $ThCl^4$ et divers chlorures alcalins ont été signalées à plusieurs reprises, mais sans qu'on en ait fait une étude d'ensemble.

Dès 1829, Berzélius [1] avait tenté de préparer le thorium métallique au moyen d'un chlorure double de thorium et de potassium qu'il obtenait par voie humide en mélangeant $ThCl^4$ et KCl, puis évaporant et chauffant presque au rouge dans HCl sec.

En 1882, Nilson [2] reprit la même préparation au moyen du même point de départ; mais le résultat obtenu laisse penser que le chlorure double contenait de l'oxyhalogénure fourni par l'action de la chaleur sur le sel hydraté.

En fait, Krüss [3] a montré que ce chlorure double hydraté donne par la chaleur beaucoup d'oxychlorure, même dans un courant de HCl; ce résultat a été confirmé par Moissan et Hönigschmid [4]. Il semble d'ailleurs que ce chlorure double $ThCl^4, 2KCl$ anhydre ou hydraté n'a jamais été analysé par ces auteurs.

Chydénius [5] a signalé la combinaison $ThCl^4, 8AzH^4Cl, 8H^2O$ dont la composition paraît peu vraisemblable et dont l'existence est contestée par Krüss [6].

Enfin Wells et Villis [7] ont obtenu deux chlorures doubles hydratés de césium

---

(1) Berzélius, *K. vet. Acad. Handl.*, 1829; *Ann. Ph. Chem. Pogg.*, t. XVI, 1829, p. 385.

(2) Nilson, *Ber. d. chem. Ges.*, 1882, p. 2537.

(3) Krüss, *Zeitsch. f. anorg. Ch.*, t. XIV, 1897, p. 361.

(4) Moissan et Hönigschmid, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. VIII, 1906, p. 182.

(5) Chydénius, *Jahresb.*, 1863, p. 194.

(6) Krüss, *Z. anorg. Chem.*, t. XIV, 1897, p. 361.

(7) Wells et Villis, *Ann. Chem. Jour.*, t. XXVI, 1901, p. 389-408.

qui auraient pour composition

$$ThCl^4, 3CsCl, 12H^2O \quad \text{et} \quad ThCl^4, 2CsCl, 11H^2O.$$

Tels sont les faits connus de cet ordre.

J'ai tenté de préparer toute la série des combinaisons possibles, anhydres ou hydratées, de $ThCl^4$ avec les chlorures alcalins (Li, Na, K, Rb, Cs, Am).

La présente Note est relative aux composés anhydres.

Pour préparer ces composés, j'ai procédé par fusion sèche, dans un courant de gaz chlorhydrique sec, du mélange de $ThCl^4$ et du chlorure alcalin dans la proportion indiquée par la formule ([1]).

Si l'on prend une seule molécule MCl pour $ThCl^4$, l'expérience n'est pas possible en général parce que le produit ne fond qu'à une température trop élevée et $ThCl^4$ se volatilise. Cependant j'ai pu fondre $ThCl^4 + LiCl$ sans volatilisation des deux chlorures. Le mélange fondu est homogène :

Sa chaleur de dissolution dans l'eau est	$+62^{Cal},65$
Soit pour la chaleur de formation	$+ 2^{Cal},45$

J'ai opéré ensuite sur le mélange suivant les proportions $ThCl^4 + 2MCl$. Dans ce cas, pour les chlorures des cinq premiers métaux, la masse fond aisément et donne une matière homogène, à cassure fibreuse et sans pertes appréciables de l'un ou l'autre des deux chlorures.

Ces produits ont donné les résultats suivants :

1° $ThCl^4, 2LiCl$:

Sa chaleur de dissolution dans l'eau est	$+68^{Cal},83$
Soit pour la chaleur de formation	$+ 4^{Cal},67$
ou	
Pour LiCl	$+ 2^{Cal},33$

2° $ThCl^4, 2NaCl$:

Sa chaleur de dissolution dans l'eau est	$+50^{Cal},04$
Soit pour la chaleur de formation	$+ 4^{Cal},3$
ou	
Pour NaCl	$+ 2^{Cal},15$

([1]) Sauf pour AzH^4Cl, dont la volatilité est trop grande, je me suis servi, pour la préparation de ce dernier chlorure double, d'un procédé détourné sur lequel je vais revenir.

3° $ThCl^4, 2KCl$:

Sa chaleur de dissolution dans l'eau est .... $+39^{Cal},12$
Soit pour la chaleur de formation .... $+9^{Cal},14$

ou

Pour KCl (1) .... $+4^{Cal},57$

4° $ThCl^4, 2RbCl$:

Sa chaleur de dissolution dans l'eau est .... $+27^{Cal},5$
Soit pour la chaleur de formation .... $+19^{Cal},3$

ou

Pour RbCl .... $+9^{Cal},65$

5° $ThCl^4, 2CsCl$:

Sa chaleur de dissolution dans l'eau est .... $+32^{Cal},46$
Soit pour la chaleur de formation .... $+14^{Cal},9$

ou

Pour CsCl .... $+7^{Cal},45$

Il en résulte tout de suite que le composé $ThCl^4, LiCl$ n'existe pas, le nombre + 2,45 étant sensiblement égal à la moyenne + 2,33.

Enfin j'ai fondu ensemble 1^{mol} de $ThCl^4$ et 4^{mol} de chlorure alcalin : Li, Na et K ne donnent point de dérivés de la forme $ThCl^4, 4MCl$, car les produits que j'ai obtenus par fusion avec cette composition ont une chaleur de dissolution qui correspond à des mélanges de $ThCl^4, 2MCl$ et de $2MCl$.

Au contraire, Rb et Cs donnent les composés suivants :

1° $ThCl^4, 4RbCl$:

Sa chaleur de dissolution dans l'eau est .... $+10^{Cal},65$
Soit pour la chaleur de formation .... $+26^{Cal},3$

d'où

$(ThCl^4, 2RbCl)_{sol} + 2RbCl_{sol} = ThCl^4, 4RbCl_{sol}$ .. $+7^{Cal}$

ou

Pour RbCl .... $+3^{Cal},5$

2° $ThCl^4, 4CsCl$:

Sa chaleur de dissolution dans l'eau est .... $+19^{Cal},79$
Soit pour la chaleur de formation .... $+18^{Cal},11$

d'où

$(ThCl^4, 2CsCl)_{sol} + 2CsCl_{sol} = ThCl^4, 4CsCl_{sol}$ ... $+3^{Cal},91$

(1) A rapprocher des nombres donnés par Berthelot :

$MgCl^2, KCl + 3^{Cal},13$; $MgCl^2, 2KCl + 2^{Cal},60$; $MgCl^2, 4KCl + 4^{Cal},46$.

ou

Pour CsCl .... $+1^{Cal},95$

Je n'ai pas obtenu $ThCl^4, 2AzH^4Cl$ par fusion directe; mais la déshydratation vers 150° du composé $ThCl^4, 2AzH^4Cl, 10H^2O$, préparé par un procédé que j'indiquerai bientôt, donne $ThCl^4, AzH^4Cl$, les dix molécules d'eau s'éliminant à cette température en même temps qu'une des deux molécules du chlorure d'ammonium.

La chaleur de dissolution dans l'eau de $ThCl^4, AzH^4Cl$ est $+39^{Cal},82$
Soit pour la chaleur de formation .... $+13^{Cal},12$

Ce nombre élevé indique que, parmi tous les chlorures alcalins, c'est pour le chlorure d'ammonium que le chlorure de thorium a le plus d'affinité; en revanche il ne se fixe qu'une molécule.

Vers 500°, $ThCl^4, AzH^4Cl$ se sépare en AzH^4Cl qui se volatilise, et $ThCl^4$ anhydre qui reste dans la nacelle. L'importance de cette réaction est de montrer que le chlorure de thorium hydraté peut donner du chlorure de thorium anhydre. L'obtention du chlorure anhydre par l'intermédiaire de la combinaison hydratée avec $2AzH^4Cl$ rappelle tout à fait la préparation classique de $MgCl^2$ par l'intermédiaire de sa combinaison hydratée avec AzH^4Cl.

Je m'occupe en ce moment de la préparation de certains dérivés halogénés anhydres du thorium en partant de composés obtenus par voie humide.

En résumé, le chlorure de thorium anhydre se combine aux chlorures alcalins pour donner des composés de la forme $ThCl^4, 2MCl$ avec les métaux Li, Na, K, Rb et Cs et $ThCl^4, 4MCl$ avec Rb et Cs seulement. Exceptionnellement le chlorure d'ammonium fournit $ThCl^4, AzH^4Cl$. Je montrerai prochainement que le chlorure de thorium hydraté donne avec ces mêmes chlorures alcalins des combinaisons hydratées et aussi des combinaisons oxyhalogénées avec certains d'entre eux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide benzoylacrylique. Condensation de l'acide glyoxylique avec quelques cétones.* Note de M. **J. Bougault**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente (¹), j'ai montré : 1° que l'acide benzoylacrylique $C^6H^5 - CO - CH = CH - CO^2H$, traité à froid par la

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 476.

potasse ou la soude diluée, donne de l'acide diphénacylacétique $(C^6H^5 - CO - CH^2)^2 CH - CO^2H$; 2° que l'acétophénone, ajoutée à l'acide benzoylacrylique, augmente beaucoup le rendement en acide diphénacylacétique.

J'avais interprété ces faits en disant que, sans doute, une partie de l'acide benzoylacrylique se dédoublait en acétophénone et acide glyoxylique, puis, que l'acétophénone formée se fixait sur l'acide benzoylacrylique non décomposé; dans le cas de la présence d'un excès d'acétophénone ajoutée à dessein, la dernière réaction se faisait seule par suite de sa vitesse plus grande.

A la suite de la publication de ces faits, M. Béhal, dans un entretien particulier, m'a fait observer qu'on pouvait expliquer cette réaction plus rationnellement en supposant que le dédoublement de l'acide benzoylacrylique en acétophénone et acide glyoxylique est intégral, et que l'acide diphénacylacétique résulte ensuite de la condensation de 2^{mol} d'acétophénone avec 1^{mol} d'acide glyoxylique

$$2\,C^6H^5CO\,CH^3 + CHO - CO^2H = H^2O + (C^6H^5 - CO - CH^2)^2 CH - CO^2H.$$

J'ai alors entrepris des recherches en vue de décider entre l'interprétation de M. Béhal et la mienne; je dirai de suite que mes nouvelles expériences conduisent à considérer l'hypothèse de M. Béhal comme la plus satisfaisante.

I. *Preuve indirecte.* — Dans l'hypothèse de la fixation directe de l'acétophénone sur l'acide benzoylacrylique, l'acide γ-phényl-γ-céto-α-oxybutyrique

$$C^6H^5 - CO - CH^2 - CHOH - CO^2H,$$

qui, lui aussi, est décomposé par la potasse en acétophénone et acide glyoxylique, ne devra pas pouvoir donner naissance à l'acide diphénacylacétique, à moins de supposer qu'il ne se déshydrate préalablement pour donner l'acide benzoylacylique, ce qui semble peu probable. Or, cet acide γ-phényl-γ-céto-α-oxybutyrique, traité à froid par la potasse étendue, soit seul, soit en présence d'un excès d'acétophénone, se comporte comme l'acide benzoylacrylique : il donne de l'acide diphénacylacétique dans les mêmes conditions et avec les mêmes rendements.

II. *Preuve directe.* — J'ai constaté que l'acide glyoxylique se condense très aisément, en liqueur alcaline, avec l'acétophénone et les acétones analogues substituées dans le noyau aromatique, pour donner l'acide diphénacylacétique ou des acides analogues.

L'opération se fait très simplement par simple mélange en solution aqueuse, légèrement alcoolisée pour faciliter la dissolution de l'acétone; en 24 heures, la condensation est terminée, les rendements sont très élevés.

Outre l'acide diphénacylacétique déjà connu, j'ai préparé, par cette méthode, deux acides nouveaux :

1° Avec la *p*-méthoxyacétophénone, l'acide dianisacylacétique

$$(CH^3O.C^6H^4.CO.CH^2)^2.CH.CO^2H \text{ (p. f. 112°)};$$

2° Avec la méthylènedioxyacétophénone, l'acide dipipéracylacétique

$$(CH^2O^2.C^6H^3.CO.CH^2)^2\ CH.CO^2H \text{ (p. f. 112°)}.$$

Ces acides, et ceux qu'on pourrait préparer d'après la même méthode, possédant deux groupements cétoniques en positions respectives 1,5, présentent cet intérêt de se prêter à la synthèse de composés pyridiques ou hydropyridiques dont la constitution se trouve ainsi bien déterminée [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les modifications de l'anthestérol et de son benzoate.* Note de M. **M.-T. Klobb**, présentée par M. A. Haller.

L'*anthestérol*, alcool cholestérique particulier $C^{28}H^{48}O$ ou $C^{29}H^{50}O$ que j'ai retiré il y a quelques années de l'*anthemis nobilis* [2], peut exister sous plusieurs modifications, et il en est de même de son éther benzoïque.

Les modifications du benzoate d'anthestérol se forment sous l'influence des réactifs, en particulier le chlorure de benzoyle sur l'anthestérol α; d'autres modifications prennent naissance sous l'influence des dissolvants. D'autre part il y a pour les anthestérols une forme stable et deux formes instables, les variations de ces dernières étant manifestées par l'abaissement progressif du point de fusion avec le temps. Des faits de cet ordre avaient été constatés déjà avec plusieurs cholestérines végétales, notamment par Gill et Tufts [3], Burian [4], Rümpler [5]. A. Bloch et moi [6] nous avions trouvé également dans le *Soja hispida* une cholestérine dont l'acétate fond 6° plus bas après quelques jours de préparation. Mais avec l'anthestérol les variations des points de fusion sont beaucoup plus considérables.

La préparation ou la séparation de ces isomères devant être indiquée en détail dans un autre Recueil, je me contenterai de donner ici leurs principaux caractères.

Benzoate α. — C'est celui que j'avais décrit en 1902. Lamelles rectangulaires à éclat

---

(1) L'étude de ces deux acides sera faite dans un autre Recueil.
(2) Klobb, *Bull. Soc. chim.*, t. XXVII, 1902, p. 1229.
(3) Gill et Tufts, *Journ. of Americ. chem. Soc.*, 1903.
(4) Burian, *Journ. of Americ. chem. Soc.*, 1903.
(5) Rümpler, *Berichte* de Berlin, 1903.
(6) Klobb et Bloch, *Bull. Soc. chim.*, t. I, 1907, p. 422.

nacré, fondant à 284°-286°, très solubles dans le chloroforme, très peu solubles dans l'alcool froid. En solution dans le tétrachlorure de carbone à la dilution de 2,5 pour 100, il a un pouvoir rotatoire droit $\alpha = +64°,36$. Par saponification, ce benzoate donne l'anthestérol α.

Benzoate β. — Il fond à 230°-235° et est généralement plus soluble dans les divers dissolvants. Une solution dans le chlorure de carbone additionnée d'alcool le laisse déposer sous forme de lamelles très nettes à contour ellipsoïdal. Dans le tétrachlorure de carbone (dilution 2,5 pour 100), il a un pouvoir rotatoire droit plus fort que α et légèrement variable. Minimum $\alpha = +68°,8$; maximum $\alpha = +71°,7$.

J'ai cherché si ce pouvoir rotatoire se modifiait sous l'influence du temps; mais en opérant immédiatement après la cristallisation ou quelques semaines après, je n'ai observé aucune différence; les variations observées tiennent donc à une autre cause. Par saponification, ce benzoate fournit l'anthestérol β.

Benzoate γ. — Il fond progressivement à 240°-250° et se sépare de ses divers dissolvants en petits globules sphériques avec un centre apparent ou avec tendance à la cristallisation radiée.

D'après l'analyse, cette modification est un hydrate

$$C^{28}H^{47}O(C^7H^5O) + \tfrac{1}{2}H^2O.$$

Le pouvoir rotatoire a été trouvé égal à $\alpha = +66°,7$ (même dissolvant, même dilution). Ce benzoate γ, bouilli pendant quelque temps avec de l'alcool, se transforme peu à peu en benzoate β; la potasse alcoolique donne également l'anthestérol β.

Anthestérol α. — C'est celui que j'ai décrit autrefois; par cristallisation dans l'alcool, il donne de longues aiguilles. J'ai déterminé à nouveau le pouvoir rotatoire en prenant un autre dissolvant, le xylène; il est égal à $\alpha = +54°,1$ (dilution 2,13 pour 100). Récemment préparé il fond, quand il est tout à fait pur, à 221°-223°, mais ce point de fusion s'abaisse peu à peu. Au bout de 1 mois quelques portions fondent bien encore vers 220° (bloc Maquenne), mais la plus grande partie fond progressivement à partir de 200°. La transformation complète est probablement très longue; quoi qu'il en soit, un échantillon préparé en décembre 1903 fond aujourd'hui à 150°-160°, ce qui fait un abaissement de 70° environ.

Anthestérol β. — Récemment préparé, et cristallisé ou non dans l'alcool, il se caractérise par son *point de fusion double*. Si on le place sur un bloc Maquenne à température ascendante, il fond à 160°-164°, puis se solidifie de nouveau en aiguilles et celles-ci fondent à leur tour à 190°-195°. J'ai trouvé pour le pouvoir rotatoire $\alpha = +56°,8$ dans le bromure d'éthylène (dilution 0,75 pour 100); l'anthestérol α m'avait donné autrefois avec le même solvant et la même dilution $+48°,3$.

Dissous dans l'alcool, l'anthestérol β conserve après cristallisation son point de fusion double; mais si on le dissout dans l'éther ou le bromure d'éthylène, qu'on laisse le solvant s'évaporer entièrement à froid, on obtient des aiguilles qui fondent en une seule fois entre 185° et 195°. De plus l'anthestérol β se modifie également sous l'influence du temps. Un échantillon préparé en décembre 1906 n'a plus maintenant le point de fusion double, mais fond définitivement entre 152° et 157°. Les deux anthestérols α et β se changent ainsi tous deux en une même forme stable.

Anthestérol δ. — On peut donner ce nom à l'anthestérol fondant à 150°-160°,

produit ultime de la transformation de α et de β. Si on le fait cristalliser dans l'alcool, il se change de nouveau en anthestérol β, avec le double point de fusion. Le pouvoir rotatoire dans le xylène a été trouvé égal à $+44°,7$ (dilution 2,3 pour 100).

En résumé on ne se trouve pas ici en présence d'isomères stéréochimiques, puisque les pouvoirs rotatoires sont toujours de même sens; certaines des modifications observées pourraient être rapportées peut-être à des phénomènes de polymorphisme. Quoi qu'il en soit, l'existence de plusieurs modifications différentes semble être un fait assez fréquent, soit chez certains dérivés de la cholestérine elle-même, soit chez les alcools cholestériques tirés du règne végétal, les *phystostérols* (1).

MINÉRALOGIE. — *Sur une syénite néphélinique à sodalite du Transvaal.* Note (2) de M. **H.-A. Brouwer**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans la collection de roches du Transvaal, récoltées par M. Molengraaff, que celui-ci a bien voulu mettre à ma disposition, se trouvent des échantillons nombreux de la série plutonienne du Boschveld (3), des granites rouges, des syénites néphéliniques et des roches basiques: des norites, des gabbros et des pyroxénites.

Près de Leeuwfontein (320), au nord-est de Prétoria, abonde une monzonite leucocrate, le *Hatherlite,* de M. Henderson (*On certain Transvaal norites, gabbros and pyroxenites and other South African rocks,* London, 1898), d'une couleur rougeâtre très pauvre en éléments colorés avec des feldspaths aplatis et zonés, dans lesquels s'orientent à axes parallèles, autour d'un labrador basique, l'orthose ou l'anorthose, et dont l'amphibole brune est presque tout à fait transformée en épidote, chlorite et calcite.

Il existe des variétés pegmatoïdes, dont les éléments atteignent plusieurs centimètres de dimensions, qui sont formés presque seulement par des micropertites rouges.

Ces monzonites sont accompagnées de différents types de syénites néphéliniques, montrant surtout près de la propriété Zeekoegat (287) une

(1) Tous les points de fusion ont été pris au bloc et avec *le même* thermomètre Baudin.

(2) Présentée dans la séance du 3 mai 1909.

(3) G.-A.-F. Molengraaff, *Geology of the Transvaal* [translated from the French (*Bull. Soc. géol. de France,* 1901), by J.-H. Ronaldson, Edinburgh and Johannesburg, 1904].

grande variation de types minéralogiques, chimiques et structuraux, mais dont l'ensemble possède comme particularité commune les feldspaths aplatis suivant (010), la grande prédominance de la soude à la potasse et la pauvreté en chaux et magnésie, d'où résulte la présence unique de pyroxènes et amphiboles sodiques. Ce sont des foyaïtes et microfoyaïtes à ægyrine, pauvres en arfvedsonite.

Je ne m'occuperai dans cette Note que d'une belle foyaïte à ægyrine tachetée blanc, rouge et bleu, à gros grains égaux ($\pm 0^{cm},50$), riche en sodalite et pauvre en éléments colorés, qui doit son cachet spécial à ce que des cristaux blancs feldspathiques, très aplatis suivant (010), de la néphéline d'un rouge brunâtre et de la sodalite d'un bleu grisâtre y existent à peu près en égale quantité.

Le feldspath dominant est un microcline, toujours maclé suivant la loi de Carlsbad, rangé en micropertite avec de l'albite ou maclé de telle sorte que les deux individus se pénètrent irrégulièrement.

La néphéline forme de grands cristaux limpides, très pauvres en inclusions, moulant les feldspaths et la sodalite ou tendant à une forme automorphe; elle se trouve aussi englobée dans les feldspaths et est d'ordinaire très fraîche; l'altération se produit en mésotype, commençant aux contours des cristaux et suivant les fissures.

Les cristaux de sodalite sont automorphes et caractérisés par l'inclusion de petites aiguilles d'ægyrine, en zones parallèles aux contours du cristal, qui déterminent la couleur macroscopique. Des zones très riches en inclusions alternent avec des zones qui en sont très pauvres; dans une zone spéciale, les aiguilles sont rangées sans aucune régularité. Les clivages sont nets suivant (110); les cristaux, peu transformés en mésotype, formant des plages palmées.

Le seul élément coloré est de l'ægyrine homœogène, très pléochroïque d'un vert foncé à jaune verdâtre, formant des prismes très allongés suivant *c*, tantôt automorphes, tantôt moulant les éléments incolores, qu'elle englobe aussi accompagnés d'un peu de fluorine violette.

Il faut citer en outre peu de sphène et de biotite brune en petites paillettes très pléochroïques, puis la fluorine qui se trouve dans quelques échantillons plus abondante seule, ou avec de l'analcime et de la calcite comme remplissage des derniers intervalles, très probables des produits d'émanations et cristallisés immédiatement après la consolidation de la roche.

La structure est essentiellement foyaïtique à cause des feldspaths très aplatis, il se rencontre dans le type normal des parties, présentant une structure schisteuse et à grains plus fins.

La sodalite est le premier produit de consolidation; au contact avec les feldspaths elle contient son automorphisme; au contact avec la néphéline, on voit souvent les lignes de séparation montrer un accroissement simultané. La formation de l'ægyrine commence avec la cristallisation de la sodalite, puis sa cristallisation s'est effectuée simultanément avec les feldspaths et la néphéline dans lesquels on la trouve englobée, non pas en petites microlites, mais aussi en cristaux automorphes qui manquent à la sodalite. En outre, on voit de grands cristaux englober les éléments incolores souvent automorphes. Cette cristallisation tardive des pyroxènes et amphiboles, fort connue dans les magmas sodiques, se retrouve dans beaucoup de microsyénites néphéliniques de cette même région, où ils ont l'apparence de phénocristaux, souvent réduits à de véritables squelettes en englobant pœcilitiquement les éléments blancs de la pâte.

L'analyse suivante (I), faite par M. Pisani, montre la pauvreté en chaux, fer et magnésie et la richesse en alcalis avec grande prédominance de la soude. Comme comparaison, je donne en outre l'analyse de la syénite néphélinique à sodalite de Kangerdluarsuk au Groenland (II, dans Rosenbusch, *Elemente*, 1901, p. 129) et celle de la tawite de Tavajokthal dans la presqu'île de Kola (III, pour W. Ramsay).

	SiO^2.	TiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	H^2O.	Cl.	MnO.	ZrO^2.	Total.
I.....	48,35	0,45	23,10	2,48	1,89	0,89	2,51	13,20	3,58	2,91 (1)	1,49			100,85
II....	49,46		23,53	3,04	1,02	0,03	0,80	14,71	4,34	1,38	2,25	0,17	0,54	101,27
III...	47,29		15,46	12,00	2,35	1,32	1,61	14,74	1,23	1,85				97,85
IV (2).	0,806	0,006	0,226	0,016	0,026	0,022	0,045	0,213	0,038		0,042			

L'examen microscopique a montré que la magnétite et l'ilménite ne s'observent pas dans la roche, de sorte que réellement tout le Fe^2O^3 se trouve comme acmite et le TiO^2 comme sphène.

On voit comment la roche du Groenland est voisine de la nôtre, elles ont les mêmes particularités minéralogiques; I plus riche en CaO et TiO^2 contient du sphène, tandis que le ZrO^2 dans II fait naître l'eudialyte. Dans la classification chimico-minéralogique quantitative elles prennent la même place (Lujaurose, II, 7, 1, 4), comme équivalent à la première classe se trouve la foyaïte de Brathagen, roche plus riche en albite, plus pauvre en feldspathoïdes. En faisant varier l'ordre à la deuxième classe, nous trouvons la natronsussexite de la presqu'île de Kola (II, 8, 1,5) (3), plus riche en feldspathoïdes (néphéline seule, 60 pour 100) et ægyrine (17 pour 100),

(1) Perte au feu.

(2) Proportions moléculaires dans I.

(3) Notons que la proportion $\frac{K^2O}{Na^2O} = 0,18$ éloigne notre roche très peu du cinquième subrang.

plus pauvre en feldspaths (15 pour 100) et puis un type extrême, l'urtite de Lujaur-Urt (II, 9, 1, 4), composée d'à peu près $\frac{5}{6}$ de néphéline et $\frac{1}{6}$ d'ægyrine. L'augmentation en Al^2O^3, Na^2O et Fe^2O^3 et la diminution en silice font naître les feldspathoïdes et l'ægyrine et disparaître les feldspaths.

Quant à la tawite, dont notre roche présente une forme leucocrate, elle est surtout caractérisée par sa pauvreté en alumine et sa richesse en Fe^2O^3; il en résulte la diminution des minéraux blancs, celle des feldspaths par rapport aux feldspathoïdes (sodalite) et l'abondance de l'ægyrine (III, 8, 1, 5).

MÉCANIQUE AGRICOLE. — *Énergie nécessaire au pétrissage mécanique.* Note de M. Ringelmann, présentée par M. A. Müntz.

Le Syndicat de la Boulangerie de Paris a entrepris des essais comparatifs qui ont porté sur quatorze pétrins mécaniques (8 machines françaises, 3 suisses, 2 allemandes et 1 hollandaise).

Les quantités travaillées étaient, pour chaque pétrissée :

	kg
Farine	110,000
Levure	1,100
Sel	1,650
Eau	60,000
Total	172,750 de pâte ferme

Pour chaque machine, les deux premières pétrissées ont été effectuées au fournil du quai d'Anjou, et la troisième pétrissée a été faite à la Station d'Essais de Machines, en intercalant un de nos dynamomètres entre le pétrin et le moteur. Les pains ont été cuits dans le même four, avec les mêmes précautions; une commission de boulangers estimait la pâte, les conditions du travail, la qualité du pain, etc.

Le travail mécanique nécessaire à un pétrin quelconque part d'un minimum, au début de l'opération, augmente plus ou moins rapidement suivant les systèmes, pour atteindre un maximum après lequel il reste stationnaire ou diminue légèrement jusqu'à la fin de la pétrissée.

Dans ce que nous pouvons appeler la première période du travail, de petites masses de farine mouillée roulent dans de la farine encore sèche; ces masses augmentent peu à peu, en nombre et en grandeur, en se soudant les unes aux autres; lorsque toute la masse est *prise*, le travail mécanique exigé devient maximum et la seconde période

commence; cette période semble surtout consacrée au malaxage, à l'allongement et au soufflage de la pâte.

La pâte produite aux essais été estimée plus ou moins belle suivant les machines; mais, par contre, la commission n'a pas pu établir de différences relativement à la qualité du pain, et sa conclusion a été que les quatorze pétrins essayés donnaient tous du beau et bon pain.

Sous ce rapport, le classement des machines s'effectuerait uniquement d'après la dépense d'énergie nécessitée par l'opération, alors que d'autres considérations doivent intervenir, telles que la commodité du travail, la facilité pour sortir la pâte de la cuve, la facilité de nettoyer les organes pétrisseurs, le bruit occasionné par la machine, les risques d'accidents qui augmentent lorsque les organes pétrisseurs doivent être raclés au coupe-pâte pendant leur mouvement, la facilité de faire les levains, la construction, l'encombrement, le prix du pétrin, etc.

Le travail au pétrin mécanique doit s'effectuer en deux fois, séparées par un temps d'arrêt laissant la pâte se reposer dans la cuve. La durée utile (non compris ce temps d'arrêt) pour obtenir une très bonne pâte a varié, suivant la forme, les dimensions et la vitesse des organes pétrisseurs, de 6 minutes à 15 minutes 30 secondes.

Les chiffres extrêmes constatés à nos essais ont été :

Travail mécanique total nécessaire....	19476^{kgm} à 185380^{kgm}
Puissance maximum.................	0,41 à 5 chevaux

Les mécanismes les plus compliqués ont nécessité le plus d'énergie sans aucun profit pour la qualité de la pâte obtenue.

Le travail mécanique dépensé lorsque les organes fonctionnent à vide a varié de 1,75 à 32,42 kilogrammètres par seconde; connaissant ce travail et la durée de l'opération, on peut, par différence, avoir le travail mécanique utile employé pour la confection de $172^{\text{kg}},75$ de pâte ferme. Suivant les machines, ce travail utile a varié de 16664 à 175983 kilogrammètres.

Comme le rendement en pain (quantité et qualité) a été le même pour les quatorze pétrins essayés, on peut dire qu'il suffit de 17000 kilogrammètres utiles ou, en totalité, de 20000 kilogrammètres pour préparer $172^{\text{kg}},75$ de pâte ferme, soit, par kilogramme de pâte, 98,4 et 115,7 kilogrammètres.

Les pétrins considérés par la Commission comme excellents sous tous les rapports exigent de 44000 à 58000 kilogrammètres pour préparer $172^{\text{kg}},75$ de pâte ferme.

En comparant la longueur des trajectoires décrites par les organes pétrisseurs avec les notes données à la qualité de la pâte, on voit que, pour les pétrins considérés à ce point de vue comme les meilleurs, la trajectoire utile est comprise entre 300^{m} et 600^{m}.

Il est évident qu'une longueur seule n'est pas à considérer pour ce qui concerne le frasage, l'allongement et le soufflage de la pâte; d'autres conditions interviennent, telles que l'aire d'action des organes, leur forme géométrique, leurs dimensions, leur vitesse, le déplacement relatif de la pâte, c'est-à-dire de la cuve, etc. Il y aurait, sous ce rapport, à entreprendre un certain nombre de recherches scientifiques que nous ne pouvons qu'indiquer dans cette Note.

Le moment qui correspond à la plus grande résistance opposée par la pâte coïncide avec la *prise* de la totalité du gluten en masse élastique, c'est-à-dire avec son hydratation complète; ce moment est en relation avec la forme des organes pétrisseurs et leur nombre de tours ou de courses; les machines ayant fourni la pâte considérée comme la meilleure nécessitaient, pour la prise, de 5 à 6 minutes et de 140 à 160 courses des organes pétrisseurs.

Enfin, lorsque les pétrins sont actionnés par des moteurs électriques, comme à Paris, avec le courant payé 0^{fr},03 l'hectowatt-heure, les frais d'énergie pour les machines considérées comme excellentes peuvent varier, par pétrissée, de 0^{fr},06 à 0^{fr},08, c'est-à-dire que le pétrin mécanique effectue l'ouvrage à un prix bien plus faible que l'opération manuelle, tout en donnant complète satisfaction au point de vue de l'hygiène publique.

EMBRYOLOGIE. — *Observation d'œufs de Lapin à deux germes, contenus dans une enveloppe commune d'albumine sécrétée par l'oviducte.* Note de MM. Cl. Regaud et G. Dubreuil, présentée par M. Henneguy.

Nous avons eu l'occasion récemment, à propos de recherches sur la physiologie de l'ovaire et de l'utérus, d'examiner plusieurs centaines d'œufs extraits de l'utérus (avant leur fixation) ou de l'oviducte de Lapines. Sur ce nombre, nous en avons rencontré deux qui présentaient une anomalie intéressante, non encore signalée chez les Mammifères, à notre connaissance du moins [1] : ces deux œufs se composaient chacun de deux germes enveloppés dans une couche commune d'albumine.

---

[1] Ce renseignement nous a été fourni par M. E. Rabaud, dont chacun connaît la compétence en tératologie, et que nous remercions de son obligeance.

Le premier de ces œufs anormaux provenait d'une Lapine adulte, normale et d'histoire inconnue; dans les oviductes de cette Lapine, nous trouvâmes plusieurs œufs à l'état de morulas à cellules nombreuses et petites; l'un de ces œufs était anormal. Il contenait deux ovules non segmentés et dégénérés, ainsi qu'en témoignaient de nombreuses enclaves graisseuses que la fixation par les vapeurs osmiques colora en noir (¹). Chacun des germes était enveloppé pour son propre compte par une couche épaisse d'albumine; en outre ils étaient, dans leur ensemble, revêtus par une seconde et commune couche d'albumine également fort épaisse.

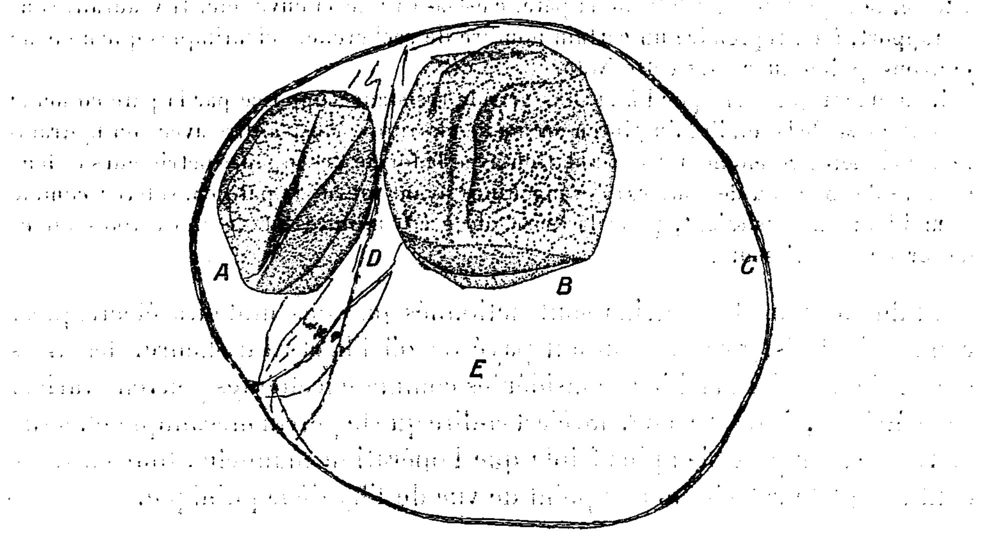


Fig. 1. — Œuf de Lapin à deux germes, dans une enveloppe d'albumine commune.

A, B, les deux germes; C, enveloppe d'albumine commune; D, cloison d'albumine interposée entre les germes. — A l'état frais, les germes remplissaient complètement leur loge albumineuse; l'espace E n'existait pas. La rétraction des germes et le plissement de leur surface sont des altérations consécutives à la fixation et imputables à l'inclusion dans la glycérine (quoique celle-ci ait été ajoutée à la préparation par petites fractions). Les granulations noires représentent les enclaves lipoïdes brunies par les vapeurs osmiques.

Le second de ces œufs anormaux (voir la figure) est plus intéressant, parce qu'il était vivant. Il a été trouvé dans l'utérus d'une Lapine, en compagnie de trois autres œufs normaux, mesurant environ 1mm de diamètre et déjà pourvus d'une grande cavité de segmentation. Dans l'un des oviductes, on trouva trois autres œufs dégénérés et sans cavité. La Lapine avait subi, un mois auparavant, une laparotomie exploratrice et avait été ensuite mise en cohabitation avec un mâle; l'accouplement remontait donc à une époque indéterminée. L'œuf anormal contenait deux germes développés à l'état de vésicules de taille inégale, occupant chacun une loge distincte, et étroitement acco-

(¹) Dans les œufs normaux en cours de segmentation, les enclaves graisseuses des blastomères sont colorées en bistre clair par les vapeurs osmiques.

lés à la paroi d'albumine : les deux germes paraissaient normaux et possédaient chacun un disque embryonnaire ; entre eux il existait une cloison d'albumine complète.

On ne peut formuler que des hypothèses au sujet de la cause de cette anomalie. L'explication qui vient la première à l'esprit consiste à rattacher cette disposition aux follicules renfermant deux ovules, qu'on rencontre assez communément chez le Lapin : les deux ovules d'un tel follicule, très voisins et peut-être même rattachés par un épithélium ovulaire partiellement commun, étant expulsés ensemble, descendraient côte à côte dans l'oviducte et seraient entourés par une enveloppe commune d'albumine sécrétée par l'épithélium de ce conduit. Mais cette explication est insuffisante et même difficile à admettre, puisque non seulement nos œufs monstrueux étaient contenus dans une enveloppe commune d'albumine, mais encore, à l'intérieur de celle-ci, entourés par une enveloppe albumineuse propre à chacun d'eux. On doit donc admettre que chacun des germes a commencé par cheminer isolément dans l'oviducte ; puisque, après y avoir été enveloppé individuellement d'albumine, il n'a été réuni que secondairement à son congénère par une nouvelle couche d'albumine englobant les deux autres.

On peut présumer que le développement ultérieur de tels germes doubles est possible, et que des monstruosités peuvent en résulter. Mais ce sont là des hypothèses dans la discussion desquelles nous ne pouvons entrer.

MÉDECINE. — *Sur un remède populaire du cancer.* Note de M. Robert Odier. (Extrait.)

J'ai trouvé, sur les pépins des fruits du *Sambucus racemosa*, un *Saccharomyces* particulier se rapprochant du *Saccharomyces Pastorianus* et faisant fermenter les hexoses, le maltose et le saccharose. Les fruits du *Sambucus racemosa* seraient employés par certains empiriques à préparer un sirop et des décoctions contre le cancer.

MÉDECINE. — *Régularisation des excrétions par la d'Arsonvalisation.* Note de M. Foveau de Courmelles, présentée par M. d'Arsonval.

Depuis 1895, j'ai fait analyser les urines de malades divers, arthritiques, obèses, artérioscléreux, placés dans le solénoïde de haute fréquence. Ces

analyses ont été faites au commencement et à la fin du traitement, ou après quelque temps. En dehors de l'augmentation constante de l'urée, nous avons vu l'élimination augmentée de l'acide urique et des chlorures, et la diminution des phosphates, le tout allant vers la normale.

Voici, entre autres, l'exemple d'une malade artérioscléreuse, obèse et fibromateuse de 40 ans, ressemblant aux autres, sauf les cas de rares nerveux à variations irrégulières :

	Acide urique.	Chlorures.	Phosphates.
Normale pour 24 heures.....	0,550	7	2,1
25 janvier 1905............	0,187	1,800	2,791
28 février.................	0,336	3,634	2,447
29 mars....................	0,390	4,438	2,277
2 mai......................	0,400	5,099	2,190
27 juin....................	0,459	5,948	2,097

Dans une autre observation, l'analyse faite après chaque séance montrait les mêmes phénomènes.

MÉDECINE. — *Flux hémorroïdaires déplétifs dans l'hypertension artérielle.* Note de M. E. DOUMER, présentée par M. d'Arsonval.

On rencontre assez souvent des cas de flux hémorroïdaire qui, ou bien sont réfractaires à la méthode de traitement par les applications intrarectales de courants de haute fréquence et de haute tension que j'ai fait connaître en 1900, ou bien même sont augmentés par elle.

J'ai constaté que dans la plupart de ces cas le flux était symptomatique d'une tension artérielle exagérée et semblait jouer le rôle de phénomène déplétif. De tels flux suivent d'assez près les variations de la tension artérielle, et il est sage de s'abstenir de toute intervention directe dirigée contre eux. On conçoit dès lors pourquoi et comment le traitement intrarectale par les courants de haute fréquence et de haute tension, dont les propriétés hypertensives sont bien connues, peut, dans certains cas, les exagérer.

Il était facile de prévoir que, au contraire, la médication hypotensive de M. Moutier pourrait les atténuer et même les faire disparaître. C'est en effet ce que l'expérience démontre.

J'ai pu réunir pendant ces trois dernières années, sept cas de ce genre où les résultats du traitement par la cage, toujours positifs, parfois très brillants,

viennent donner une très nette démonstration clinique de l'action hypotensive de la d'Arsonvalisation.

Observation I. — Homme de 38 ans, hémorroïdaire depuis l'âge de 18 ans. Bourrelets internes procédant à chaque selle et donnant lieu constamment à un suintement sanguin léger et deux ou trois fois par an à des flux assez abondants. Soigné avec insuccès à trois reprises différentes à l'aide des courants de haute fréquence et de haute tension, en 1898, en 1900 et en 1903. En 1906 je le revois pour la quatrième fois; il présentait alors une *tension de* 32 et avait un *flux considérable*. Je tente pour la première fois la d'Arsonvalisation avec champs de 0,212 à 0,225 U. M. P. en séances de 10 minutes. *Dès le soir même de la première séance le flux s'arrête, la tension était abaissée à* 25 P. L'écoulement ne reprend que le lendemain; il est très diminué. Je fis encore trois autres séances; le malade se trouvant suffisamment bien cessa le traitement; *la tension n'était plus que de* 21 P *et l'écoulement sanguin très faible.*

Observation II. — Homme de 49 ans, sujet à des poussées d'hémorroïdes fluentes qui surviennent habituellement deux fois par an et durent de 15 jours à 1 mois. Lorsque je le vis en octobre 1906, une seule application intrarectale produisit une grande augmentation de l'écoulement sanguin. La *tension était de* 25 P. Dix séances quotidiennes de d'Arsonvalisation avec champs de 0,240 à 0,280 U. M. P. *tarirent complètement cet écoulement,* mais *il fut très diminué dès la seconde application.* A ce moment la tension était tombée à 18 P.

Observation III. — Femme de 52 ans. Flux hémorroïdaire et fissure moyennement douloureuse. Comme la tension était de 22 P, je fis d'emblée des séances de d'Arsonvalisation avec champ de 0,250 U. M. P. environ. *Dès la première,* 22 avril 1908, *le flux diminue,* mais il reprend son intensité primitive le lendemain et le surlendemain. Le 25 avril, deuxième séance, *le flux diminue et cesse le* 27 *après la troisième séance; la tension était tombée à* 17,5 P.

Observation IV. — Homme de 45 ans. Depuis 3 mois, flux hémorroïdaire intense presque chaque jour à l'occasion des selles. Tension 26 P.

23 juin 1908, première séance avec champ de 0,310 U. M. P.
24 juin 1908, tension 25, même état, deuxième séance.
26 juin 1908, tension 25, même état, troisième séance.
27 juin 1908, tension 20,5, notable diminution du flux, quatrième séance.
28 juin 1908, retour du flux.
29 juin 1908, tension 23, cinquième séance.
30 juin 1908, très grande diminution du flux.
1er juillet 1908, tension 17, flux très diminué, sixième séance.
2 juillet 1908, flux complètement arrêté.
3 juillet 1908, tension 16, septième et dernière séance.

Observation V. — Homme de 53 ans, hémorroïdaire intermittent. Flux en 1901,

traité et guéri par trois applications intrarectales. En 1906, nouvelle poussée; deux applications intrarectales augmentent le flux. Le malade quitte Lille et guérit spontanément au bout de 3 semaines. Fin 1906, nouvelle poussée hémorroïdaire. Tension 27 P. Je propose la d'Arsonvalisation qui est refusée, le malade préfère tenter encore les applications rectales. Immédiatement après la séance augmentation du flux. La tension était montée le lendemain à 28,5P. On cesse le traitement. Le flux s'atténue petit à petit, grâce sans doute au régime sévère que le malade s'impose, mais ne cesse jamais complètement. En mars 1907 nouvelle poussée. *Tension* 27,5. Cette fois la d'Arsonvalisation est acceptée. *Dès la première séance, le flux est diminué; il cesse complètement après la troisième séance.* La tension était descendue successivement à 25, 18 et 17,5 P.

Observation VI. — Homme de 42 ans. En décembre 1908, poussée hémorroïdaire, tension 26 P. Une séance intrarectale exagère le flux. Huit jours après, le malade accepte la d'Arsonvalisation proposée. *Dès la seconde séance le flux est très diminué et cesse complètement après la cinquième.* La tension était tombée à 18,5 P.

Observation VII. — Homme de 31 ans, hémorroïdaire depuis 9 ans, paquets volumineux, écoulement incessant, malade obligé de se garnir comme une femme. Aspect de sénilité précoce. Tension 24 P.

On fait des séances quotidiennes de d'Arsonvalisation avec champs de 0,290 à 0,315 U. M. P. en janvier 1909.

18	janvier	1909,	tension 24, première séance.
20	»	»	25, même état, deuxième séance.
21	»	»	23, même état, troisième séance.
22	»	»	21,5, légère diminution, quatrième séance.
22	»	»	19, diminution du flux, cinquième séance.
23	»	»	22, retour du flux, sixième séance.
27	»	»	17, presque plus d'écoulement, septième séance.

On fit encore douze séances en février et trois en mars. La tension se maintint dans les environs de 17,5. Le flux ne put être complètement arrêté, mais il devint à peu près insignifiant.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *La Costiase et son traitement chez les jeunes alevins de truite.* Note de M. **Louis Léger**, présentée par M. Ed. Perrier.

La Costiase est assurément l'un des fléaux les plus à redouter dans l'élevage des jeunes truites, et ses funestes effets se font sentir dès les premières chaleurs du printemps sur les alevins de truite indigène, Truite arc-en-ciel et Saumon de fontaine, c'est-à-dire sur les espèces les plus précieuses au point de vue de la Pisciculture et du repeuplement.

Considérée d'abord comme exceptionnelle, cette affection s'est sans doute répandue avec le développement de l'industrie piscicole, et aujourd'hui elle est beaucoup plus fréquente que bien des pisciculteurs ne le croient, attribuant à des influences atmosphériques ou à des infections alimentaires la mortalité souvent considérable qui se manifeste à un certain moment précoce de l'élevage, alors que sévit la Costiase, ainsi que je l'ai vérifié depuis plusieurs années dans nombre d'établissements piscicoles. J'ai pu ainsi acquérir la conviction que le grand déchet qui se produit si souvent chez les jeunes alevins, même dans les élevages les plus soignés, est dû presque toujours à cette affection.

On sait que l'agent de cette maladie est un Flagellé ectoparasite, le *Costia necatrix*, découvert par Henneguy en 1883, dans l'aquarium du Collège de France, et qui vit fixé en quantité innombrable à la surface de la peau et des branchies des jeunes poissons. Par l'irritation qu'il provoque, et sans doute aussi par les toxines qu'il sécrète, il produit déjà sur la peau un état pathologique assez grave. Mais son action devient à peu près fatalement mortelle lorsque, par une multiplication intense, il finit par recouvrir complètement l'épithélium des branchies. Dans ce cas, outre son action irritative et toxique, il apporte un obstacle mécanique à la respiration, et l'ensemble de ses actions nocives entraîne rapidement la mort avec troubles circulatoires, asphyxiques et cérébraux.

La gravité de cette affection, les pertes considérables qu'elle fait subir aux pisciculteurs montrent tout l'intérêt qui s'attache à l'étude des moyens préservatifs et curatifs.

Les moyens préservatifs sont trop souvent insuffisants, car il est fort probable que la plupart du temps la Costiase se développe dans les élevages aux dépens de kystes apportés avec les œufs mis en incubation. Cependant, on évitera, tout au moins au début, de nourrir les jeunes alevins avec de la nourriture naturelle (vers, daphnies, poissons crus) provenant d'étangs où la maladie a été observée.

Un traitement curatif rapide est, par contre, d'autant plus important à connaître que la maladie prend en quelques jours une grande intensité. Le traitement actuellement classique est celui indiqué par Bruno Hofer dans son *Handbuch der Fischkrankheiten* (Munich, 1904), qui consiste à traiter les alevins par l'eau salée (20g à 25g de sel marin pour 1000) pendant une demi-heure. Au bout de ce temps, la plupart des formes actives du parasite sont effectivement détruites, mais les formes de résistance ne le sont sans doute pas, car, après quelques jours, l'épidémie reprend et plusieurs traitements semblables au premier sont nécessaires.

Lorsqu'il s'agit de traiter de grands bacs d'alevinage, il faut ainsi d'énormes quantités de sel, et le procédé, outre qu'il est assez peu pratique, est relativement onéreux. De plus, sous l'action de cette forte solution saline, il n'est pas rare de voir succomber, au début du premier bain, un

grand nombre d'alevins déjà affaiblis par la maladie et qui auraient pu résister à un traitement moins violent.

Depuis plusieurs années que j'observe cette maladie au Laboratoire de Pisciculture de Grenoble, et sur des sujets envoyés de divers établissements piscicoles, j'ai été conduit à employer un autre traitement plus commode et plus sûr. Il consiste à tenir les sujets malades pendant 15 minutes dans un bain d'eau formolée : $0^{g},40$ de la solution officinale du commerce (aldéhyde formique à 40 pour 100) par litre d'eau; soit, en volume, 35^{cm^3} à 40^{cm^3} de la solution officinale du commerce par 100^{l} d'eau. Le formol sera d'abord dilué dans une assez grande quantité d'eau, et le liquide obtenu rapidement mélangé à l'eau du bac; les alevins sont tenus pendant 15 minutes dans ce bain sans renouvellement d'eau, après quoi ils sont remis à l'eau courante. Dès les premières minutes de l'opération tous les *Costia* sont tués, ainsi que j'ai pu m'en assurer sous le microscope. En prolongeant la durée du bain pendant 15 minutes, les formes de résistance succombent sans doute aussi, car il est rare qu'on ait besoin d'avoir recours à une deuxième opération, surtout si, après le traitement, on a soin d'éviter toute cause nouvelle de contamination par les eaux d'autres bacs suspects. Les alevins supportent très bien ce séjour de 15 minutes dans l'eau formolée à 0,4 pour 1000, qui est pourtant si rapidement funeste à leurs parasites. Ils peuvent même y séjourner beaucoup plus longtemps sans aucune espèce d'inconvénient.

La pratique simple et facile de ce traitement, la constance de ses résultats, son innocuité vis-à-vis des sujets traités et son prix beaucoup moins élevé que celui au sel le rendent, à mon avis, bien préférable à ce dernier et des plus précieux pour les pisciculteurs.

J'ajouterai que ma méthode au formol donne encore d'excellents résultats dans la Gyrodactylose, une maladie grave qui sévit souvent sur les jeunes truitelles dans les grands élevages. Dès le début du bain formolé, tous les Gyrodactyles se détachent et meurent, et le poisson, guéri en quelques minutes, reprend rapidement sa vigueur et son coloris normal.

Ces résultats permettent également d'espérer les meilleurs effets de ce traitement dans d'autres affections cutanées provoquées par les Infusoires tels que les *Chilodons* et les *Ichthyophtirius*.

M. **Arbillot** adresse un résumé des *Observations météorologiques* qu'il a poursuivies pendant 31 ans à Chalindrey (Haute-Marne).

M. Stanislas Munsch adresse une Note sur une *Nouvelle éducation de la voix*.

(Renvoi à l'examen de M. Dastre.)

La séance est levée à 4 heures un quart.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 19 avril 1909.

Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences de l'Institut de France et imprimés par son ordre; 2e série, t. XXXIII. Paris, Imprimerie nationale, 1908; 1 vol. in-4°.

Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel; avril 1909. Annexes A et B. Paris, Gauthier-Villars, 1909; 2 fasc. in-4°.

Annales du Bureau central météorologique de France, publiées par A. Angot; année 1906 : II. *Observations;* III. *Pluies en France.* Paris, Gauthier-Villars, 1909; 2 vol. in-4°.

Cours de Botanique, par MM. Gaston Bonnier, Membre de l'Institut, et Leclerc du Sablon, à l'usage des élèves des Universités, des Écoles de Médecine et de Pharmacie, et des Écoles d'Agriculture; fasc. V (1re Partie). Paris, Librairie générale de l'Enseignement, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Hommage des auteurs.)

Le diabète sucré, par R. Lépine, Correspondant de l'Institut. Paris, Félix Alcan, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouchard. Hommage de l'auteur.)

Carte de l'Imérina Sud, par les PP. Roblet et Colin, Missionnaires à Madagascar; publiée avec l'approbation de l'Académie des Sciences sur le fonds Bonaparte, 1908. Paris, imprimerie Monrocq; 2 feuilles in-plano. (Présenté par M. Grandidier. Hommage des auteurs.)

L'Homme préhistorique, Revue mensuelle illustrée d'Archéologie et d'Anthropologie préhistorique, par MM. le Dr Chervin et A. Mortillet; 7e année, n° 1, 1er janvier 1909. Paris, Schleicher frères, 1909; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. E. Perrier. Hommage des auteurs.)

La synthèse des pierres précieuses, par Jacques Boyer. Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 fasc. in-8°.

Annales d'Hygiène et de Médecine coloniales; t. XII, n° 1, janvier-mars 1909. Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société mathématique de France; t. XXXVII, fasc. 1. Paris, 1909; 1 fasc. in-8°.

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant l'année 1907. Résumé par R. GAUTIER et H. DUAIME. Genève, 1908; 1 fasc. in-8°.

Résumé météorologique de l'année 1907 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par R. GAUTIER. Genève, 1908; 1 fasc. in-8°.

The water powers of Wisconsin, by LEONARD S. SMITH. (*Wisconsin geological and natural History Survey*; Bull. n° XX. Economics series n° 13.) Madison, Wis., 1909; 1 vol. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 26 AVRIL 1909.

Traité de Physique, par O.-D. CHWOLSON, Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande, par E. DAVAUX. Édition revue et considérablement augmentée par l'auteur, suivie de *Notes sur la Physique théorique*, par E. COSSERAT et F. COSSERAT. Tome II, 4e fasc.: *Réfraction, double réfraction et polarisation de la lumière*; avec 182 figures dans le texte. Paris, A. Hermann, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Maurice Levy.)

Études sur la fronde des Zygoptéridées, par PAUL BERTRAND; texte et atlas. Lille, L. Danel, 1909; 1 vol. in-8° et 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Zeiller.)

Carnegie Institution of Washington. Mount Wilson solar Observatory, Pasadona, California. *Astrophysical photographs*; série B : *Solar phenomena*, by GEORGE-E. HALE and FERDINAND ELLERMAN. 4 épreuves photographiques in-f°. (Offertes par M. George-E. Hale, Correspondant de l'Institut.)

Cavernes de Tarascon-sur-Ariège, par E.-A. MARTEL, avec 26 figures. (*Spelunca : Bulletin et Mémoires de la Société de Spéléologie*; n° 54, décembre 1908.) Paris; 1 fasc. in-8°.

Das Weltbild von Darwin und Lamarck, Festrede von ERNST HAECKEL. Leipzig, Alfred Kröner, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Centenario de Darwin, 12 de febrero 1909; alocucion por el doctor G. DELGADO PALACIOS, Presidente de la Academia de Medicina. Caracas, 1909; 1 fasc. in-8°.

Communications from the physical Laboratory at the University of Leiden, by Prof. Dr H. KAMERLINGH ONNES; n° 34 : *On thermal coefficients of aneroïds of Naudet*, by Dr L.-H. SIERTSEMA. Leide, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Sketch of the mineral resources of India, by T.-H. HOLLAND, director Geological Survey of India. Calcutta, 1908; 1 fasc. in-4°.

Sveriges geologiska Undersökning. Aarsbok, II, 1908. Stockholm, 1908-1909; 1 vol. in-8°.

Iowa geological Survey; t. XVIII : *Annual Report*, 1907, *with accompanying papers*. Des Moines, 1908; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 3 MAI 1909.

Revue de Géographie, annuelle, publiée sous la direction de M. Ch. Vélain, t. II, année 1908. Paris, Ch. Delagrave; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Appell.)

Adaptations culturales et variations des Solanées tubérifères, par L. (Extr. du *Bull. des séances de la Société nationale d'Agriculture de France*, numéros de février et décembre 1908.) Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 1909; 1 fasc. in-8°.

Statistique sanitaire de la France; 1re Partie : *Villes de 5000 habitants et au-dessus*, année 1907, 22e année. Publiée par le Ministère de l'Intérieur; 1908.

Bulletin des Sciences mathématiques, rédigé par MM. G. Darboux, E. Picard et J. Tannery; 2e Partie, t. XXXIII, janvier 1909. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°.

Annales des Ponts et Chaussées, 70e année, 8e série, t. XXXVII, vol. 1, janvier-février 1909. Partie technique et partie administrative. Paris, A. Dumas; 2 fasc. in-8°.

Mémoire présenté à l'Académie des Sciences pour obtenir que soit rapportée la résolution de 1775 interdisant l'examen de la quadrature du cercle, par le Lieutenant-Colonel Monteil. Paris, R. Chapelot, 1909; 1 fasc. in-4°.

Solution du théorème de Fermat, par le Lieutenant-Colonel Monteil. (Extr. de $\pi = \sqrt{3} + \sqrt{2} = 3,14162644\ldots$; *quadrature du cercle; quadrature de la sphère.*) Paris, R. Chapelot; 1 feuille in-4°.

Analyse de l'équation $z^n = x^n + y^n$, avec une solution du grand théorème de Fermat et quelques propositions à démontrer, par R. Niewiadomski. Varsovie, J. Sikorski, 1909; 1 fasc. in-4°.

The star list of the American Ephemeris, for the year 1909. Washington, 1909; 1 vol. in-4°.

Annual Report of the Director Kodaikanal and Madras Observatories, for 1908. Madras, 1909; 1 fasc. in-4°.

Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indie, negen en twintigste jaargang, 1907. Deel I : *Dagelijksche regenval*. Deel II : *Uitkomsten*. Batavia, 1908; 2 vol. in-4°.

Annual report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution, showing the operations, expenditures and condition of the Institution for the year ending june 30, 1907. Washington, 1908; 1 vol. in-8°.

Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino; serie seconda, tomo LVIII. Turin, Carlo Clausen, 1908; 1 vol. in-4°.

Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei; t. XXV. Rome, 1907; 1 vol. in-4°.

Atti della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei; anno LXI (1907-1908), sess. Ia-VIIa. Rome, 1908; 5 fasc. in-4°.

Societa Reale di Napoli. Atti della Reale Accademia di Archeologia, Lettere e Belle Arti; t. XXV, 1908. Naples, 1908; 1 vol. in-4°.

Societa Reale di Napoli. Rendiconti della tornate e dei lavori dell' Accademia di Archeologia, Lettere e Belle Arti; nuova serie, anno XXI : *Appendice* al vol. XXI. Naples, 1908; 1 fasc. in-8°.

American Journal of Mathematics, published under the auspices of the Johns Hopkins University; t. XXX, numbers 3, 4; t. XXXI, number 1. Baltimore; 3 fasc. in-4°.

Memoirs of the Museum of comparative Zoology at Harvard College; t. XXXVII: *Reports on the scientific results of the Expedition to the Eastern tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz,* by the U. S. Fish Commission steamer *Albatros* from october 1904, to march 1905, Lieut. Commander L.-M. Carret, U. S. N. Commanding. XVI: *The Medusæ,* by Henry-B. Bigelow, witt forty-eight plates. Cambridge, E. U., 1909; 1 vol. in-4°.

Magnetical, meteorological and seismological Observations made at the Government Observatories Bombay and Alibag, in the years 1902 to 1905, under the direction of N.-A.-F. Moos; with an Appendix. Bombay, 1908; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 26 avril 1909.)

Note de MM. *Dhéré* et *Maurice,* Influence de l'âge sur la quantité et la répartition chimique du phosphore contenu dans les nerfs :

Page 1125, ligne 3, en remontant, *au lieu de* diminuent, *lisez* varient inversement.

(Séance du 26 avril 1909.)

Note de Mme *Valérie Dienes,* Sur les points critiques logarithmiques :

Page 1087, ligne 3, en remontant, *au lieu de* x, *lisez* x_0.
Page 1088, formule (2) au dénominateur du premier membre, *au lieu de* ρ^a, *lisez* e^a.
Page 1090, dernière formule de la Note, *au lieu de* ρ^a, *lisez* e^a.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 MAI 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les liquides cristallisés biaxes.* Note de M. **FRÉD. WALLERANT.**

Dans une Note précédente j'ai indiqué que certains liquides cristallisés montraient en lumière convergente des phénomènes absolument identiques à ceux des cristaux uniaxes solides. Cette constatation se fait sans peine grâce à ce fait que ces liquides, sous l'influence des lamelles de verre qui les emprisonnent, s'orientent de façon que leur axe soit perpendiculaire aux lamelles de verre; mais il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que certains corps organiques solides présentent la même faculté d'orientation. Il y avait lieu de se demander s'il n'existait pas de liquide cristallisé biaxe, et j'ai pu constater la biaxie de l'azoxyanisol. A la vérité, ces cristaux liquides s'orientent de façon qu'une certaine droite, de propriétés cristallographiques particulières inconnues, soit normale à la préparation; mais, comme cette direction n'a pas de relation immédiate avec les propriétés optiques, il en résulte que celles-ci sont moins facilement étudiées. Heureusement, comme cela a lieu pour les uniaxes d'ailleurs, l'orientation n'est pas la même suivant que le liquide cristallisé provient de la transformation par élévation de température des cristaux solides, ou de la cristallisation du liquide isotrope par refroidissement. Dans le premier cas, on voit des arcs de lemniscates colorées des plus nettes et une branche d'hyperbole, ligne neutre qui traverse le champ quand on peut tourner la préparation; dans la seconde orientation, la normale à la lame est moins inclinée sur l'un des axes optiques dont le pôle est sur le bord du champ et autour duquel

tourne la ligne neutre. La seule différence constatée entre ces phénomènes et ceux fournis par les corps solides consiste en ce que les lignes neutres sont moins accentuées, ce qui provient d'irrégularités dans l'orientation. On se trouve donc en présence de véritables cristaux biaxes, et c'est un argument de plus en faveur de l'identité absolue des corps cristallisés liquides et des solides.

ENTOMOLOGIE. — *Sur un nouvel Onychophore australien.* Note de M. **E.-L. Bouvier.**

Les Onychophores australasiens, c'est-à-dire ceux d'Australie, de Tasmanie et de Nouvelle-Zélande, se rangent dans les deux genres *Peripatoides* et *Ooperipatus;* ils représentent les deux stades successifs de l'évolution d'un même type, dont l'un des caractères essentiels est la formation de très gros œufs; dans les *Peripatoides,* ces œufs se développent totalement au sein des oviductes transformés en utérus et il y a viviparité; chez les *Ooperipatus,* au contraire, ils se revêtent d'une forte coque et sont pondus, contrairement à ce qu'on observe chez toutes les autres formes de la classe.

On connaît assez bien les Onychophores australasiens qui habitent l'Australie orientale, la Tasmanie et la Nouvelle-Zélande, et très peu par contre ceux de l'Australie occidentale. Jusqu'ici, ces derniers semblaient n'avoir pour représentants qu'une seule espèce, le *Peripatoides occidentalis* signalé par M. Fletcher dans l'île de Perth et décrit en quelques lignes par ce zoologiste. Grâce aux récentes recherches de M. le professeur W. Michaelsen, dans le sud-ouest de l'Australie, on possède aujourd'hui 9 représentants, 6 femelles et 3 mâles, d'une autre espèce qui habite également la région de Perth, où ils furent trouvés à Lion-Mill. Ces exemplaires m'ont été confiés pour que j'en fasse l'étude; ils appartiennent au genre *Peripatoides* et présentent un mélange de traits distinctifs fort divers qui leur donnent une place tout à fait spéciale dans le genre.

Les résultats de mes recherches seront publiés, avec les figures convenables, dans la *Fauna Südwest-Australiens* (*Ergebn. d. hamburg. südwest-australisch. Forschungreise,* Bd. II). Pour le moment, je veux me borner à mettre en évidence les plus essentiels.

La nouvelle espèce semble d'abord très voisine du *P. Suteri* Dendy de Nouvelle-Zélande, car elle présente comme ce dernier 16 paires de pattes, tandis que les autres Onychophores n'en ont que 15 paires. Mais cette ressemblance est trompeuse, car tous les autres caractères distinctifs sont

différents, sauf toutefois ceux de l'armature des mandibules dont les lames externes sont dépourvues de dent accessoire, d'ailleurs comme chez d'autres Onychophores des mêmes régions.

Plus grandes sont les affinités de notre espèce avec le *P. orientalis* Fletcher, de l'Australie orientale, encore que ce dernier n'ait que 15 paires de pattes au lieu de 16 et qu'il présente une dent accessoire sur les lames mandibulaires externes. Ces affinités se manifestent par l'alternance des plis dorsaux (moins accentuée toutefois dans l'espèce occidentale), par la réduction constante à 3 du nombre des papilles pédieuses, par les dimensions relatives des arceaux des soles, par l'extrême multiplicité des glandes crurales, une certaine ressemblance dans les glandes anales (qui toutefois sont vésiculiformes et non cylindriques dans notre espèce), enfin par quelques analogies lointaines dans le conduit impair des organes sexuels du mâle.

Les affinités sont vraisemblablement plus étroites encore avec le *P. occidentalis* Fletcher qui est dépourvu de dents accessoires sur les mandibules et qui présente également de nombreuses glandes crurales, mais on ne peut pousser plus loin la comparaison, M. Fletcher n'ayant pas fait connaître la structure de cette dernière espèce.

Au surplus, notre Péripatoïde présente des caractères qui lui sont propres et qui le distinguent, non seulement des Onychophores australasiens, mais de tous les Onychophores. Parmi ces caractères, les plus typiques sont à coup sûr ceux relatifs aux glandes crurales.

Chez les Onychophores, où elles atteignent leur plus grande complexité, ces glandes font toujours défaut sur les pattes antérieures et, sauf parfois celles de l'extrémité anale, se réduisent à une vésicule incluse dans la patte et munie d'un tube excréteur. C'est ce qu'on observe dans certains *Peripatopsis* et dans le *Peripatoides orientalis*, dans l'*Ooperipatus oviparus* Dendy et, presque certainement aussi, dans le *Peripatoides occidentalis*. C'est ce qu'on observe également dans notre espèce, qui présente en outre, sur les pattes de la première paire, une forte papille où vient s'ouvrir le canal excréteur d'une glande crurale démesurément grande; ce curieux organe sécréteur a la forme d'un tube sinueux logé dans le sinus latéral entre la glande salivaire et le cordon nerveux, en dedans des néphridies, il s'étend en arrière presque jusqu'au niveau de l'orifice sexuel et sa longueur dépasse certainement celle du corps. J'ajoute que les glandes crurales de la paire postérieure sont également tubulaires, qu'elles atteignent la longueur de deux ou trois segments et qu'elles diffèrent de toutes les autres par la grande épaisseur de leurs parois. Voici donc un Onychophore, le seul connu à cette heure, où la métamérisation interne, en ce qui concerne les glandes crurales, se manifeste sur tous les anneaux du corps, comme pour les néphridies.

Le conduit vecteur impair de l'appareil sexuel mâle est également très particulier. Sa partie terminale musculaire, ou conduit éjaculateur, est remarquablement étroite et courte, le conduit presque entier se transformant en une longue et large poche à

parois minces où viennent s'accumuler et s'entrelacer en tous sens les cordons spermatiques des canaux efférents. Rien d'analogue ne s'observe chez les autres Onychophores australasiens, les uns ayant un conduit impair de *Peripatus* à canal éjaculateur long et puissant (*P. Suteri,* etc.), les autres une poche spermatique à parois glandulaires très épaisses (*P. orientalis*, *Ooperipatus oviparus*). C'est un troisième type structural qui rappelle surtout les Onychophores sud-africains du genre *Peripatopsis* et qui doit produire des spermatophores encore plus petits et moins protégés.

Étant donné l'ensemble de ces caractères, il ne saurait être question de rattacher notre espèce, par des liens phylogénétiques étroits, à d'autres espèces d'Onychophores actuels. Elle appartient sans conteste au genre *Peripatoides,* mais elle offre, dans ce genre, un curieux mélange de caractères primitifs et de caractères qui indiquent une longue évolution : ses glandes crurales développées dans chaque segment, elle les tient sans doute des formes ancestrales de la classe et ses seize paires de pattes des formes ancestrales du genre ; mais elle n'a plus de dents accessoires sur les lames mandibulaires externes, ses papilles pédieuses sont réduites toujours à trois, ses réceptacles séminaux sont atrophiés ou nuls, son conduit vecteur mâle a subi des modifications profondes, et ces divers caractères, sauf le dernier peut-être, sont l'indice d'une évolution avancée.

Cette accumulation de caractères, les uns archaïques, les autres modernes, ne dépasse point les limites de la famille à laquelle appartient notre espèce, et là se trouve un nouvel argument en faveur de la subdivision de cette classe en deux familles : les *Péripatopsidés,* dont le Péripatoïde ici décrit est un représentant fort typique, et les *Péripatidés*. Ces deux familles ont respectivement une aire de distribution qui leur est propre : la première étant plus ou moins australe (Chili, Australasie, Nouvelle-Bretagne, Natal et Colonie du Cap); la seconde localisée au voisinage de l'Équateur, mais surtout au Nord (Amérique de la Bolivie au Mexique, Congo français, presqu'île de Malacca et Indes néerlandaises). Pour s'être établie et maintenue telle jusqu'à nos jours, cette subdivision naturelle doit remonter très haut et se rattacher à quelque phénomène géologique ancien de grande importance.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces à courbure totale constante.* Note de M. C. **Guichard**.

Je vais appliquer la théorie des systèmes singuliers aux réseaux O de l'espace ordinaire associés à un réseau plan, les fonctions U et V étant ré-

duites à des constantes. Depuis longtemps déjà, j'ai étudié ces surfaces et montré (*Annales de l'École Normale*, 1890) comment elles se rattachent aux surfaces à courbure totale constante. Soit

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal d'une telle surface; ses rotations sont

$$a = \frac{1}{\cos\omega}\sin\theta, \qquad m = -\frac{\sin\omega}{\cos\omega}\cos\theta,$$

$$b = -\frac{1}{\sin\omega}\sin\psi, \qquad n = -\frac{\cos\omega}{\sin\omega}\cos\psi,$$

où ω est une constante, θ et ψ solutions du système

$$(1) \qquad \frac{\partial\theta}{\partial v} = \sin\psi, \qquad \frac{\partial\psi}{\partial u} = \sin\theta.$$

L'angle φ, formé par une tangente du réseau plan avec une droite fixe de ce plan, est donné par les équations

$$(2) \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial u} = i\cos\theta, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial v} = i\cos\psi.$$

Les coordonnées (X_1, X_2, X_3) du point M qui décrit une surface correspondant au déterminant Δ seront données par les formules

$$X_i = p\alpha_i + q\cos\omega\beta_i - r\sin\omega\gamma_i,$$

où p, q, r sont déterminés par les équations

$$(3) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial q}{\partial v} = r\cos\psi, & \dfrac{\partial p}{\partial u} = q\sin\theta, \\ \dfrac{\partial r}{\partial u} = q\cos\theta, & \dfrac{\partial p}{\partial v} = r\sin\psi. \end{cases}$$

On voit tout de suite des solutions particulières des équations (3); désignons par α, β, γ les éléments d'une combinaison linéaire des colonnes d'un déterminant Δ. On peut prendre

$$p = \alpha, \qquad q = \frac{\beta}{\cos\omega}, \qquad r = -\frac{\gamma}{\sin\omega}.$$

On peut encore signaler les solutions

$$p = -\cos\theta, \qquad q = \frac{\partial\theta}{\partial u}, \qquad r = \sin\theta$$

et

$$p = -\cos\psi, \qquad q = \sin\psi, \qquad r = \frac{\partial\psi}{\partial v}.$$

Cela posé, si l'on cherche les systèmes singuliers d'ordre *un*, on trouve que ψ et θ sont des fonctions de $eu + fv$, e et f étant des constantes. Ces solutions particulières sont bien connues, les surfaces à courbure totale constante qui leur correspondent sont des hélicoïdes. Je vais obtenir de nouvelles surfaces à courbure totale constante en cherchant les systèmes singuliers d'ordre *deux*.

Si l'on a

$$(4) \qquad \frac{\beta}{\cos\omega} = \rho\sin\psi + \rho_1\frac{\partial\theta}{\partial u},$$

ρ et ρ_1 étant des constantes, on aura aussi

$$(5) \qquad \begin{cases} \dfrac{\gamma}{\sin\omega} = -\rho\dfrac{\partial\psi}{\partial v} - \rho_1\sin\theta, \\ \alpha = -\rho\cos\psi - \rho_1\cos\theta - \mu, \end{cases}$$

μ étant une constante; en appelant S la somme $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2$, on a

$$(6) \quad \begin{aligned} S = {} & \rho^2\left\{\cos^2\omega + \sin^2\omega\left[\cos^2\psi + \left(\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)^2\right]\right\} + \rho_1^2\left\{\sin^2\omega + \cos^2\omega\left[\cos^2\theta + \left(\frac{\partial\theta}{\partial u}\right)^2\right]\right\} \\ & + 2\rho\rho_1\left[\cos^2\omega\left(\cos\psi\cos\theta + \sin\psi\frac{\partial\theta}{\partial u}\right) + \sin^2\omega\left(\cos\psi\cos\theta + \sin\theta\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)\right] \\ & + 2\rho\mu\cos\psi + 2\rho_1\mu\cos\theta + \mu^2. \end{aligned}$$

Or, si l'on pose

$$h = \cos\theta\frac{\partial\psi}{\partial v} - \sin\theta\cos\psi, \qquad l = \frac{\partial^2\psi}{\partial v^2} - \cos\psi\sin\psi,$$

$$h_1 = \frac{\partial^2\theta}{\partial u^2} - \sin\theta\cos\theta, \qquad l_1 = \cos\psi\frac{\partial\theta}{\partial u} - \sin\psi\cos\theta,$$

on voit facilement qu'on a

$$(7) \quad \begin{cases} \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial}{\partial u}\left[\cos^2\psi + \left(\dfrac{\partial\psi}{\partial v}\right)^2\right] = h\sin\psi, & \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial}{\partial v}\left[\cos^2\psi + \left(\dfrac{\partial\psi}{\partial v}\right)^2\right] = l\dfrac{\partial\psi}{\partial v}, \\ \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial}{\partial u}\left[\cos^2\theta + \left(\dfrac{\partial\theta}{\partial u}\right)^2\right] = h_1\dfrac{\partial\theta}{\partial u}, & \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial}{\partial v}\left[\cos^2\theta + \left(\dfrac{\partial\theta}{\partial v}\right)^2\right] = l_1\sin\theta, \\ \dfrac{\partial}{\partial u}\left(\cos\psi\cos\theta + \sin\psi\dfrac{\partial\theta}{\partial u}\right) = h_1\sin\psi, & \dfrac{\partial}{\partial v}\left(\cos\psi\cos\theta + \sin\psi\dfrac{\partial\theta}{\partial u}\right) = l_1\dfrac{\partial\psi}{\partial v}, \\ \dfrac{\partial}{\partial u}\left(\cos\psi\cos\theta + \sin\theta\dfrac{\partial\psi}{\partial v}\right) = h\dfrac{\partial\theta}{\partial u}, & \dfrac{\partial}{\partial v}\left(\cos\psi\cos\theta + \sin\theta\dfrac{\partial\psi}{\partial v}\right) = l\sin\theta. \end{cases}$$

Cela posé, dans la formule (6) S est une constante, la dérivée du second membre par rapport à u doit être nulle. Or cette dérivée est un produit de deux facteurs, dont l'un est $\rho \sin\psi + \rho_1 \frac{\partial\theta}{\partial u}$. Ce facteur n'est pas nul, car alors le système serait singulier d'ordre *un*. On doit donc annuler le second facteur. On arrive à un résultat analogue pour la dérivée par rapport à v. On obtient, en somme, les deux équations

$$(8)\quad \begin{cases} \rho \sin^2\omega\, h + \rho_1 \cos^2\omega\, h_1 - \mu \sin\theta = 0, \\ \rho \sin^2\omega\, l + \rho_1 \cos^2\omega\, l_1 - \mu \sin\psi = 0. \end{cases}$$

On doit donc avoir des relations de la forme suivante :

$$(9)\quad \begin{cases} \lambda h + \lambda_1 h_1 + \lambda_2 \sin\theta = 0, \\ \lambda l + \lambda_1 l_1 + \lambda_2 \sin\psi = 0, \end{cases}$$

λ, λ_1, λ_2 étant des constantes. Si je multiplie la première de ces équations par $\sin\psi\, du$, la seconde par $\frac{\partial\psi}{\partial v} dv$, j'obtiens une différentielle exacte d'après les formules (7); on obtient un résultat analogue en multipliant ces équations respectivement par $\frac{\partial\theta}{\partial u} du$ et $\sin\theta\, dv$. Des équations (9) on déduit donc

$$(10)\quad \begin{cases} \lambda \frac{1}{2}\left[\cos^2\psi + \left(\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)^2\right] + \lambda_1\left(\cos\psi\cos\theta + \sin\psi\frac{\partial\theta}{\partial u}\right) - \lambda_2 \cos\psi = s_1, \\ \lambda\left(\cos\psi\cos\theta + \sin\theta\frac{\partial\psi}{\partial v}\right) + \lambda_1 \frac{1}{2}\left[\cos^2\theta + \left(\frac{\partial\theta}{\partial u}\right)^2\right] - \lambda_2 \cos\theta = s_2, \end{cases}$$

s_1 et s_2 étant des constantes. D'autre part, la comparaison des équations (8) et (9) donne

$$(11)\quad \rho = k\frac{\lambda}{\sin^2\omega}, \qquad \rho_1 = k\frac{\lambda_1}{\cos^2\omega}, \qquad \mu = -k\lambda_2,$$

k étant une inconnue auxiliaire. En portant ces valeurs de ρ, ρ_1, μ dans l'équation (6) on aura, en tenant compte des équations (10),

$$(12)\quad \frac{S}{k^2} = \lambda^2\frac{\cos^2\omega}{\sin^4\omega} + \lambda_1^2\frac{\sin^2\omega}{\cos^4\omega} + \frac{2\lambda s_1}{\sin^2\omega} + \frac{2\lambda_1 s_2}{\cos^2\omega} + \lambda_2^2.$$

Si donc les équations (10) sont satisfaites, on pourra, quel que soit ω, déterminer α, β, γ par les équations (4), (5), (11).

Il est clair que, si l'on prend trois déterminants Δ, entre les β de ces déterminants existera une relation linéaire. Nous sommes donc bien dans le cas d'un système singulier d'ordre *deux*. On démontre facilement la réciproque.

Si le second membre de l'équation (12) est nul, la combinaison α, β, γ du déterminant Δ est une combinaison isotrope. Les valeurs de $\cos^2\omega$ pour lesquelles ce fait se présente sont les racines d'une équation du quatrième degré. C'est l'équation caractéristique.

En somme, la recherche de ces systèmes singuliers d'ordre *deux* revient à trouver les fonctions θ et ψ, qui satisfont aux équations (1) et (10). Ici, on peut établir *directement* qu'il existe des solutions de ces équations, c'est-à-dire des systèmes singuliers d'ordre *deux*. Supposons les équations (10) résolues par rapport à $\frac{d\theta}{du}$ et $\frac{d\psi}{dv}$. On aura des expressions de la forme

$$(13) \qquad \frac{\partial\theta}{\partial u} = F(\theta, \psi), \qquad \frac{\partial\psi}{\partial v} = F_1(\theta, \psi).$$

Pour que ces équations soient compatibles avec les équations (1), il faut et il suffit que

$$(14) \qquad \begin{cases} \cos\psi \sin\theta = \dfrac{\partial F}{\partial\theta} \sin\psi + F_1 \dfrac{\partial F}{\partial\psi}, \\ \cos\theta \sin\psi = \dfrac{\partial F_1}{\partial\psi} \sin\theta + F \dfrac{\partial F_1}{\partial\theta}. \end{cases}$$

Or, si l'on tient compte des équations (10), on voit que les conditions (14) sont satisfaites identiquement. On en conclut que le système des équations (1) et (10) admet une solution comportant deux constantes arbitraires.

Si l'équation caractéristique a une racine double, les surfaces à courbure totale constante qu'on obtient ainsi peuvent se déduire des hélicoïdes par les transformations Bianchi-Bäcklund. Dans le cas contraire, cette méthode donne de *nouvelles* surfaces à courbure totale constante. Il y a, entre ces nouvelles surfaces et les surfaces dont les deux nappes de la surface des centres de courbure sont des quadriques, un lien très étroit.

Enfin je fais remarquer, en terminant cette Note, que la considération des systèmes singuliers d'ordre quelconque permettra d'obtenir de nouvelles surfaces à courbure totale constante.

M. **E.-L. Bouvier** s'exprime en ces termes :

Il y aura bientôt 2 ans, j'ai eu le plaisir de présenter à l'Académie le premier Volume d'un Ouvrage consacré par M. Houard aux *Zoocécidies des plantes d'Europe et du Bassin de la Méditerranée;* aujourd'hui, cette œuvre

importante a pris fin et l'auteur m'a chargé de vous en offrir le second et dernier Volume.

L'Ouvrage de M. Houard rendra certainement les plus grands services. Tout le monde s'intéresse aux *Zoocécidies* ou *Galles,* ces curieuses déformations engendrées par les animaux aux dépens des parties des plantes les plus variées; mais, jusqu'à présent, il était fort difficile de les étudier, faute d'un travail d'ensemble pouvant servir de guide sûr dans leur détermination. Grâce au long et dur labeur de M. Houard, cette lacune est, aujourd'hui, heureusement comblée.

Dans les 1247 pages de ses deux Volumes, l'auteur décrit près de 6000 galles engendrées par 1500 animaux environ sur plus de 2000 espèces de plantes. L'histoire de chaque Cécidie est accompagnée d'indications bibliographiques choisies de préférence parmi les travaux modernes, avec renvoi à l'Index qui termine le second Volume. Le texte est éclairé par 1365 figures toutes dessinées par M. Houard, dont le talent sait allier la parfaite exactitude avec une force de schématisation réellement remarquable. La plupart de ces figures sont originales et exécutées d'après les matériaux accumulés par l'auteur ou réunis dans les collections du Muséum. Le plan général du travail est celui de la classification botanique, qui a été rigoureusement suivie; il permet d'utiles comparaisons relevées, en tête de chaque famille végétale. Au surplus, des Tables zoologiques et botaniques rendent singulièrement faciles les recherches des biologistes.

La préface de cet Ouvrage devait être écrite par M. Giard. J'ai dû remplacer dans cette tâche notre regretté Confrère, ce qui privera le lecteur de quelques pages fortes et savoureuses. Mais le travail conserve tout de même sa valeur intrinsèque, qui est fort grande, et je suis sûr qu'il sera consulté avec fruit par les biologistes, les forestiers et les agriculteurs.

M. **Edmond Perrier** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire posthume de M. *Albert Gaudry* intitulé : *Fossiles de Patagonie : le* Pyrotherium. (Extrait des *Annales de Paléontologie,* publiées sous la direction de Marcellin Boule.)

NOMINATIONS.

L'Académie délègue M. **Edmond Perrier** pour la représenter à l'inauguration du buste d'Alphonse Milne-Edwards, qui aura lieu le 18 mai au Muséum d'Histoire naturelle.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président** donne lecture à l'Académie d'une lettre dans laquelle M. *A. Mosso* rappelle que la France possède deux places d'étude dans les Laboratoires scientifiques du mont Rose. Les demandes doivent être adressées à M. le Ministre de l'Instruction publique.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Extracts from narrative reports of officers of the Survey of India for the season* 1906-1907, prepared under the direction of Lieutenant-Colonel S.-G. Burrard, R. E., F. R. S. (Transmis par M. le Ministre des Affaires étrangères.)

2° *The Guadalupian Fauna*, by George-H. Girty, et *The interpretation of topographic maps*, by Rollin-D. Salisbury and Wallace-W. Atwood. (Adressé par l'United States Geological Survey.)

3° *La figure de la Terre. Les grandes opérations géodésiques. L'ancienne et la nouvelle mesure de l'arc méridien de Quito*, par M. le Capitaine J. Perrier. (Présenté par M. H. Poincaré.)

4° *Les Découvertes modernes en Physique*, par M. O. Manville. (Présenté par M. J. Violle.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la valeur des invariants ρ et ρ_0 pour les surfaces du quatrième ordre à points doubles isolés.* Note de M. **L. Remy**, présentée par M. Émile Picard.

La détermination des invariants ρ et ρ_0 pour les surfaces du quatrième ordre à points doubles isolés peut se déduire de la considération de certaines familles dénombrables de surfaces de ce type, définies au moyen des fonctions quadruplement périodiques de deux variables.

Envisageons, pour fixer les idées, la surface du quatrième ordre à quinze points doubles. Soit C une courbe algébrique quelconque, de degré $2d$, tracée sur cette surface S; si l'on cherche à déterminer une surface $F(x, y, z) = 0$, de degré d, tangente à S le long de la courbe C, on a à résoudre un système d'équations algébriques par rapport aux coefficients

indéterminés A_i du polynome F ainsi qu'aux *quatre* paramètres $\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ dont dépend la surface S (au point de vue projectif), et l'élimination des quantités A_i entre ces équations conduit *a priori* à des conditions algébriques $E(\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = 0$: je me propose d'établir que ces conditions sont satisfaites d'elles-mêmes.

A cet effet, considérons les fonctions thêta de u, v répondant au Tableau de périodes

$$\begin{vmatrix} \frac{1}{2p^2+1} & 0 & g & h \\ 0 & 1 & h & g' \end{vmatrix} \quad (T_{2p^2+1}),$$

p étant un entier arbitraire; on peut former quatre fonctions de ce type, paires, du second ordre et de caractéristique nulle, qui admettent l'une des seize demi-périodes $\frac{P}{2}$ pour zéro d'ordre $4p$, et la surface S_p, dont les coordonnées homogènes d'un point sont proportionnelles à ces quatre fonctions, est une surface particulière du quatrième ordre à quinze points doubles, caractérisée par *une* condition algébrique

$$f_p(\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = 0.$$

Ceci posé, donnons à $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ des valeurs fixes, d'ailleurs arbitraires, $\lambda_1^0, \lambda_2^0, \lambda_3^0$, et faisons varier le paramètre λ : lorsqu'il est égal à l'une des racines $\lambda^{(p)}$ de l'équation $f_p(\lambda, \lambda_1^0, \lambda_2^0, \lambda_3^0) = 0$, la surface correspondante est représentable au moyen des fonctions thêta relatives au Tableau de périodes T_{2p^2+1}, et, dans cette représentation paramétrique, la courbe C est définie par une équation de la forme $\Theta_p(u, v) = 0$; si l'on désigne par n_p l'ordre de la fonction Θ_p et par q_p l'ordre de multiplicité auquel elle s'annule pour la demi-période $\frac{P}{2}$, le degré de la courbe a pour expression

$$(1) \qquad 2[(1+2p^2)n_p - pq_p] = 2d,$$

d'où la relation

$$q_p - 2pn_p = \frac{n_p - d}{p}.$$

Or, le nombre n_p est limité, car, si l'on mène par la courbe C une surface algébrique déterminée, de degré N, il est clair que n_p est au plus égal à 2N; dès lors, la différence $(q_p - 2pn_p)$, qui ne peut prendre que des valeurs entières, est nécessairement nulle dès que p dépasse une certaine valeur, et, par suite,

$$n_p = d, \qquad q_p = 2dp.$$

Il résulte de ces relations que la fonction $[\Theta_p u, v]^2$ s'exprime par un polynome homogène de degré d par rapport aux quatre fonctions coordonnées,

c'est-à-dire qu'on peut circonscrire à la surface S_p, le long de la courbe C, une surface algébrique d'ordre d. Les équations $E(\lambda, \lambda_1^0, \lambda_2^0, \lambda_3^0) = 0$ envisagées plus haut sont donc vérifiées pour une infinité de valeurs $\lambda^{(p)}$ du paramètre λ et par suite pour toute valeur de ce paramètre.

Si l'on remarque que, en vertu de la relation (1), les surfaces S_p et, par là même, la surface générale S ne possèdent que des courbes de degré pair, on peut énoncer le théorème suivant :

Les courbes algébriques, tracées sur la surface générale du quatrième ordre à quinze points doubles, sont toutes de degré pair, et le long d'une courbe quelconque (de degré $2d$), on peut circonscrire à la surface une surface (d'ordre d) ne la rencontrant pas en dehors de la courbe.

De cette propriété on déduit la valeur des nombres ρ et ρ_0 pour la surface considérée : ρ est égal à *un* et ρ_0 à *six*.

Si l'on considère d'autre part les surfaces S_p, définies analytiquement au moyen des fonctions quadruplement périodiques de u, v, on reconnaît aisément que, pour ces surfaces particulières, ρ est égal à *deux* et ρ_0 à *cinq*.

Donc : *On peut former une infinité dénombrable de conditions algébriques entre les paramètres dont dépend la surface générale du quatrième ordre à quinze points doubles, $f_p(\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = 0$, telles que le nombre ρ_0 des intégrales doubles distinctes de seconde espèce de la surface s'abaisse de* UNE *unité, lorsque l'une quelconque de ces conditions est vérifiée.*

Des considérations analogues s'appliquent aux surfaces du quatrième ordre à un nombre quelconque de points doubles isolés ; voici le résultat :

Pour la surface générale du quatrième ordre à δ points doubles isolés, l'invariant relatif ρ est égal à l'unité et l'invariant absolu ρ_0 a pour valeur $(21 - \delta)$; *mais on peut définir des familles dénombrables de surfaces de ce type $S_{p_1, p_2, \ldots, p_\sigma}$, caractérisées chacune par σ conditions algébriques entre les paramètres dont dépend la surface générale, pour lesquelles le nombre ρ est augmenté, et le nombre ρ_0 diminué de σ unités.*

A titre d'exemple, la surface générale du quatrième ordre à dix points doubles, du type symétroïde, possède *onze* intégrales doubles distinctes de seconde espèce, tandis que la famille des hessiens de surfaces cubiques

$$\frac{a}{x} + \frac{b}{y} + \frac{c}{z} + \frac{d}{t} + \frac{e}{u} = 0,$$

qui appartient à ce type, en possède seulement *six* ; on peut d'ailleurs former une infinité dénombrable d'équations algébriques $f_p(a, b, c, d, e) = 0$ pour lesquelles ce nombre s'abaisse de *une* unité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites de fonctions mesurables.* Note [1] de M. **Frédéric Riesz**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soit E un ensemble mesurable. Pour fixer les idées, nous le supposons linéaire, et nous entendrons par mesure la mesure linéaire, en nous servant de la terminologie de M. Lebesgue. Soient $f_1(x)$, $f_2(x)$, ..., $f(x)$ des fonctions mesurables, définies sur l'ensemble E; ε étant une quantité positive quelconque, nous désignerons par $m(n, \varepsilon)$ la mesure de l'ensemble

$$[|f(x)-f_n(x)|>\varepsilon];$$

alors nous dirons que la suite $[f_n(x)]$ tend en mesure vers la fonction $f(x)$, si, quelque petite que soit la quantité ε, on a

$$\lim_{n=\infty} m(n, \varepsilon)=0.$$

M. Lebesgue a remarqué que chaque suite convergente de fonctions mesurables tend aussi en mesure vers sa fonction limite, et naturellement ce fait subsiste encore si, pour un ensemble de mesure o, la convergence n'a plus lieu. La démonstration de ce fait, donnée par M. Lebesgue (*Leçons sur les séries trigonométriques*), n'est pas tout à fait correcte, mais elle peut être aisément corrigée.

La notion de convergence en mesure peut être considérée comme une extension de la notion simple de convergence. Un seul exemple suffira pour montrer qu'elle n'est pas artificielle et qu'elle pourra rendre des services utiles en donnant aux recherches sur les suites de fonctions un point de vue nouveau :

La série de Fourier d'une fonction sommable à carré sommable sera en général divergente, mais elle convergera toujours dans le sens généralisé.

2. *Soit donnée une suite $[f_n(x)]$ tendant en mesure vers la fonction $f(x)$. On en peut tirer une suite partielle $[f_n^*(x)]$ qui, sauf au plus pour les éléments d'un ensemble de mesure* o, *converge vers la fonction $f(x)$.* A ce but, on se donnera d'abord une série numérique convergente Σp_n à termes positifs décroissants; et l'on définira $f_n^*(x)$ comme la première fonction dans la suite $[f_n(x)]$, de rang plus élevé que la fonction $f_{n-1}^*(x)$ et telle que l'ensemble

$$[|f(x)-f_n^*(x)|>p_n]$$

[1] Présentée dans la séance du 29 mars 1909.

soit de mesure $< p_n$. La suite partielle ainsi définie jouira de la propriété exigée.

3. Nous établirons le théorème suivant :

Soit $[f_n(x)]$ *une suite de fonctions mesurables. Alors, pour qu'il existe une fonction* $f(x)$ *telle que la suite tende vers elle en mesure, il faut et il suffit que l'on ait*

$$\lim_{i=\infty,\, k=\infty} m(\varepsilon, i, k) = 0,$$

quelque petite que soit la quantité positive ε, *en désignant par* $m(\varepsilon, i, k)$ *la mesure de l'ensemble* $[|f_i(x) - f_k(x)| > \varepsilon]$.

La nécessité de notre condition découle immédiatement de l'inégalité

$$m(\varepsilon, i, k) \leqq m\left(\frac{\varepsilon}{2}, i\right) + m\left(\frac{\varepsilon}{2}, k\right).$$

L'inégalité analogue

$$m(\varepsilon, i, k) \leqq m\left(\frac{\varepsilon}{2}, i, l\right) + m\left(\frac{\varepsilon}{2}, k, l\right),$$

liée au fait déjà mentionné que toute suite convergente (sauf peut-être pour des éléments qui font un ensemble de mesure 0) tend aussi en mesure vers sa fonction limite, nous permettra de réduire la question si notre condition est suffisante à l'autre question : *Peut-on tirer de la suite* $[f_n(x)]$ *satisfaisant à notre condition une suite partielle qui, en général, soit convergente ?*

Pour définir une telle suite partielle, nous nous servirons de nouveau de la série Σp_n. Nous désignerons par $f_n^*(x)$ la première fonction dans la suite $[f_n(x)]$ de rang plus élevé que la fonction $f_{n-1}^*(x)$ et telle que pour chaque fonction de rang plus élevé $f_r(x)$ l'ensemble des éléments $[|f_r(x) - f_n^*(x)| > p_n]$ soit de mesure $< p_n$. Maintenant, soient ε, σ deux quantités positives quelconques; alors on peut déterminer n tel que l'ensemble $[|f_{n+k}^*(x) - f_n^*(x)| > \varepsilon\ (k = 1, 2, \ldots)]$ soit de mesure $< \sigma$. Il suffit de choisir n tel que l'on ait

$$p_n < \varepsilon, \qquad \sum_{k=n}^{\infty} p_k < \sigma.$$

De là il suit que les points où la suite $[f_n^*(x)]$ cesse de converger, s'il en existe, ne peuvent former qu'un ensemble de mesure 0.

4. En se servant de la propriété des suites convergentes de converger en mesure, M. Lebesgue a démontré que toute série convergente de fonctions

sommables dont les restes à partir du $n^{\text{ième}}$ sont bornés dans leur ensemble peut être intégrée terme à terme. Pour la démonstration ce n'était que la convergence dont il avait besoin; le théorème subsiste quand on y remplace la convergence par la convergence en mesure. Le même fait se présente pour beaucoup de résultats plus généraux, concernant des suites de fonctions sommables; de plus, ayant été débarrassées d'une prémisse superflue, les démonstrations gagneront en simplicité. Par exemple, en généralisant un résultat de M. Fatou, on aura le théorème : *Étant donnée une suite $[f_n(x)]$ de fonctions positives, sommables, tendant en mesure vers une fonction $f(x)$, alors si*

$$\int_{\varepsilon} f_n(x)\,dx$$

reste, quel que soit n, inférieur à un nombre fixe G, la fonction $f(x)$ est sommable et l'on a

$$\int_{\varepsilon} f(x)\,dx \leqq \mathrm{G}.$$

En appliquant notre critère de convergence (en mesure), on en déduira le théorème très général : *Soit p un nombre positif quelconque et soit $[f_n(x)]$ une suite de fonctions mesurables telles que les intégrales*

$$\mathrm{I}_{i,k} = \int_{\varepsilon} |f_i(x) - f_k(x)|^p\,dx$$

existent et que

$$\lim_{i=\infty,\,k=\infty} \mathrm{I}_{i,k} = 0;$$

alors il existe toujours une fonction mesurable $f(x)$ telle que

$$\lim_{n=\infty} \int_{\varepsilon} |f(x) - f_n(x)|^p\,dx = 0.$$

Ce théorème contient en cas particulier un théorème fondamental énoncé par M. E. Fischer, lié d'autre part intimement à bien des résultats, trouvés par l'auteur, concernant les systèmes de fonctions orthogonales.

5. Pour plus de commodité, l'ensemble mesurable ε était jusqu'ici supposé linéaire; mais cette restriction n'a rien d'essentiel. Toutes nos considérations s'étendent aux ensembles mesurables appartenant à des variétés à dimension quelconque, les notions de mesure et d'intégrale étant définies d'une manière convenable.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le principe de Dirichlet et le développement des fonctions harmoniques en séries de polynomes.* Note de M. SERGE BERNSTEIN, présentée par M. Émile Picard.

On connaît actuellement plusieurs démonstrations du principe de Dirichlet pour l'équation de Laplace; moi-même, j'en ai indiqué une dans un Mémoire publié en russe, qui se rattache à une méthode générale de variation continue du contour ou des coefficients de l'équation ([1]).

Aujourd'hui, je me permets d'attirer l'attention sur un nouveau mode de démonstration, qui a pour but de donner en même temps un moyen de développer la solution cherchée en série de polynomes.

Soit C un contour fermé admettant en chaque point un rayon de courbure déterminé. Soient $f_1(s)$, $f_2(s)$, ... un ensemble dénombrable de fonctions de l'arc s sur le contour ; nous dirons que cet ensemble de fonctions est *complet*, si toute fonction continue sur le contour peut être représentée avec une approximation aussi grande que l'on veut par une somme finie de la forme $\sum_{n=1}^{n=n_0} A_n f_n(s)$.

En tenant compte du théorème de Harnack, il suffira, pour démontrer le principe de Dirichlet, de prouver que *l'ensemble de fonctions* 1, $\rho\cos\theta$, $\rho\sin\theta$, ..., $\rho^n\cos n\theta$, $\rho^n\sin n\theta$, ... *est complet sur le contour* C.

Pour le voir, nous appliquons le critère de M. Schmidt, d'après lequel il suffit qu'aucune fonction continue non nulle $\varphi(s)$ ne puisse annuler à la fois toutes les intégrales $\int_C \varphi(s) f_n^n(s)\,ds$, pour que l'ensemble des fonctions $f_n(s)$ soit complet.

Or, il est facile de vérifier le lemme suivant :

LEMME. — $F(s)$ *étant une fonction continue quelconque,* z *étant égal à* $x(s)+iy(s)$ *sur le contour, et soient* $u_1 = a+ib$, $u_2 = c+id$, *où* (a, b) *sont les coordonnées d'un point* P_1 *intérieur au contour et* (c, d) *celles d'un point* P_2 *extérieur, on a*

$$\lim\left[\int_C \frac{F(s)\,dz}{z-u_1} - \int \frac{F(s)\,dz}{z-u_2}\right] = 2i\pi F(s_0),$$

lorsque les deux points P_1 *et* P_2 *se rapprochent indéfiniment du point* P *du contour correspondant à la valeur* s_0 *de l'arc.*

([1]) Communications de la *Soc. math. de Kharkow,* 1908. Voir également *Comptes rendus,* 13 mai 1907.

On en conclut immédiatement qu'il ne peut pas exister de fonction continue $\varphi(s)$ annulant à la fois toutes les intégrales

$$\int_C \varphi(s)(\rho^n \cos n\theta)'_s\, ds, \qquad \int \varphi(s)(\rho^n \sin n\theta)'_s\, ds.$$

En effet, on tirerait facilement de là que

$$\int_C \frac{\varphi(s)}{z-u_2}\, dz = 0$$

pour tout point $P_2(c, d)$ *extérieur* au contour; de sorte qu'on aurait

$$2i\pi\varphi(s_0) = \lim \int_C \frac{\varphi(s)\, dz}{z-u_1},$$

égalité inadmissible, puisque $\varphi(s)$ est réelle et qu'aucune fonction de la variable complexe u_1 ne peut avoir sa partie imaginaire nulle sur un contour fermé.

Telle est la base essentielle de la démonstration. D'après le critère de M. Schmidt, nous voyons donc que les fonctions

$$\int_0^s \rho^n \cos n\theta\, ds, \qquad \int_0^s \rho_n \sin n\theta\, ds$$

forment un ensemble complet sur le contour C. On ne peut pas pourtant en conclure immédiatement que les fonctions $\rho^n \cos n\theta$, $\rho^n \sin n\theta$ forment également un système complet. Pour ne pas allonger cette Note je n'insisterai pas sur le petit artifice de calcul qui permet d'arriver au but.

Quant au développement effectif de la solution du problème de Dirichlet en série de polynomes, on peut procéder de la façon suivante :

En posant $z = x + yi$, $z_1 = x - yi$, on peut construire sur chaque contour C deux paires de systèmes de polynomes $[P_n(z), P'_n(z_1)]$, $[Q_n(z), Q'_n(z_1)]$, jouissant de la propriété que

$$\int_C Q'_n(z_1)\, Q_m(z)\, dz = \int_C P_n(z)\, P'_m(z_1)\, dz_1 = 0,$$

si $n \neq m + 1$, et

$$\int_C P_n(z)\, P'_m(z_1)\, dz_1 = \int_C Q'_n(z_1)\, Q_m(z)\, dz = 1,$$

si $n = m + 1$.

On démontre alors que *toute fonction continue* F(s) *de l'arc sur le contour peut être développée en série*

$$F(s) = \sum_0^\infty a_n P_n(z) + B_n Q'_n(z_1),$$

avec

$$b_n = \int_C F(s)\, Q_{n-1}(z)\, dz, \qquad a_n = \int_C F(s)\, P'_{n-1}(z_1)\, dz_1;$$

cette série *converge à l'intérieur du contour et représente la fonction harmonique tendant uniformément sur le contour vers* F(s).

Dans une prochaine Note j'examinerai les conditions de convergence sur le contour, ainsi que certains contours particuliers.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles linéaires et les transcendantes uniformes du second ordre.* Note de M. **René Garnier**, présentée par M. P. Painlevé.

Considérons une équation linéaire du second ordre

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = p(x;\, t,\, u)\, y, \tag{1}$$

où p est une fonction rationnelle en x, dont les coefficients dépendent analytiquement des paramètres t et u, et telle que $x = \infty$ soit le seul point *essentiellement* singulier de (1). Ainsi, à l'exception de ν points $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\nu$ qui seront *apparemment* singuliers, tous les points à distance finie seront des points ordinaires pour (1). Posons-nous la question suivante : Peut-on adjoindre à (1) deux équations linéaires

$$\frac{\partial y}{\partial t} = A(x;\, t,\, u)\, y + B(x;\, t,\, u)\frac{\partial y}{\partial x}, \tag{2}$$

$$\frac{\partial y}{\partial u} = C(x;\, t,\, u)\, y + D(x;\, t,\, u)\frac{\partial y}{\partial x}, \tag{3}$$

A, B, C, D étant des fonctions *rationnelles* en x, dépendant analytiquement des paramètres t et u, de sorte que le système (1), (2), (3) soit complètement intégrable? Alors, pour tout système de fonctions p, A, B, C, D répondant à la question, l'intégrale générale de (1), (2), (3) sera

$$y = K_1 y_1(x;\, t,\, u) + K_2 y_2(x;\, t,\, u),$$

K_1 et K_2 désignant des constantes arbitraires, y_1 et y_2 deux intégrales particulières du système.

Je démontre d'abord que, *si le nombre* ν *des points apparemment singuliers est inférieur à* 2, *il existe une fonction* $\varphi(t, u)$ *telle que* p, A, B, C, D *dépendent seulement de* x *et de* $\varphi(t, u)$. En remplaçant t par φ, on peut donc réduire, pour $\nu = 0$ et 1, le système proposé à ses deux premières équations, (1) et (2), où p, A, B désignent des fonctions indépendantes de u. Ce sont ces deux cas que j'étudierai dans cette première Note.

Dans le premier cas ($\nu = 0$), p se réduit à un polynome, B est linéaire en x, soit

$$B = \frac{\alpha'(t)x + \beta'(t)}{\alpha(t)}.$$

La substitution $\alpha(t)x + \beta(t) = x_1$ transforme le système (1), (2) en un système pour lequel B est nul, et p indépendant de t.

Considérons maintenant le cas où il existe un point apparemment singulier λ; on a

$$p = a_m x^m + \ldots + a_0 + \frac{\frac{3}{4}}{(x-\lambda)^2} + \frac{\rho}{x-\lambda};$$

B doit être de la forme

$$\frac{\alpha' x + \beta'}{\alpha} + \frac{\gamma}{\alpha^2(x-\lambda)}.$$

Une transformation simple ramène B à la forme $\dfrac{-\frac{1}{2}}{x-\lambda}$.

Définissons encore les b_j par l'identité en x : $\sum_{i=0}^{m} a_i x_i = \sum_{j=0}^{m} b_j (x-\lambda)^j$.

Les fonctions b_j, ρ et λ de t doivent vérifier le système suivant, où les accents désignent des dérivées par rapport à t :

$$(4)\quad \begin{cases} b'_m = 0, \qquad b_0 = \lambda'^2, \\ b'_{m-1} = m b_m \lambda', \qquad \rho = -\lambda', \\ b'_{m-i} = \dfrac{m-i}{2} b_{m-i+2} + (m-i+1) b_{m-i+1}\lambda' \qquad (i = 2, 3, \ldots, m). \end{cases}$$

Supposons d'abord $m \leqq 4$; on voit aisément, d'après (4), que *les* b *sont des polynomes en* λ, *à coefficients constants*, λ *devant vérifier l'équation*

$$(5)\qquad \lambda'' = c_4(2\lambda^3 + t\lambda) + \frac{c_3}{4}(6\lambda^2 + t) + 2c_2\lambda + c_1.$$

Il est loisible, moyennant des transformations élémentaires, de ramener (5) à l'une des quatre formes canoniques obtenues en attribuant aux constantes les systèmes de valeurs suivants :

1° $c_4 = 0 = c_3 = c_2, \quad c_1 = 1,$

2° $c_4 = 0 = c_3 = c_1, \quad c_2 = \frac{1}{2},$

3° $c_4 = 0 = c_2 = c_1, \quad c_3 = 4,$

4° $c_3 = 0 = c_2, \quad c_4 = 1.$

Les deux premiers cas donnent des équations banales; mais il est très remarquable que *les deux derniers conduisent aux deux équations les plus simples, dont l'intégrale a ses points critiques fixes, découvertes par M. Painlevé.*

Dès que l'on suppose $m > 4$, l'équation différentielle vérifiée par λ est d'ordre supérieur à 2; mais elle n'a pas ses points critiques fixes.

On sait qu'il existe quatre autres équations irréductibles du deuxième ordre dont l'intégrale a ses points critiques fixes [1]. *Chacune d'elles jouit d'une propriété analogue* à celle des deux premières; autrement dit, à chacune d'elles, soit

$$\lambda'' = R(\lambda', \lambda, t), \tag{6}$$

on peut associer un système linéaire (s) :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = p(x, t)y, \tag{1'}$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = A(x, t)y + B(x, t)\frac{\partial y}{\partial x}, \tag{2'}$$

tel que (6) représente la condition pour que (s) soit complètement intégrable; mais, si n $(= 2, 3, 4)$ est le nombre des singularités non polaires de (6), (1') aura n points essentiellement singuliers (en outre du point apparemment singulier λ). Il est facile de former directement ces équations. Mais on les retrouve immédiatement de la façon suivante. M. Painlevé a montré (*loc. cit.*) que toutes les équations (6) sont obtenues par dégénérescence de l'une d'elles, (E), moyennant des transformations (σ). Or, tous les points essentiellement singuliers de l'équation (1') correspondant à (E) (soit $0, 1, t$

---

[1] *Comptes rendus*, 24 décembre 1906; voir aussi les Notes antérieures de M. Gambier.

et ∞) sont *réguliers*, et l'équation (2') exprime que *le groupe de l'équation* (1') *est indépendant du paramètre t :* c'est précisément le problème traité par M. Richard Fuchs (1). Il suffira alors d'effectuer sur t et λ, dans les équations (1') et (2') correspondant à (E), les transformations (σ), et sur x une transformation linéaire convenablement choisie pour former les systèmes (s) attachés aux autres équations (6).

PHYSIQUE. — *Sur un exemple de phénomène de Zeeman longitudinal positif pur dans les spectres d'émission des vapeurs.* Note de M. **A. Dufour**, présentée par M. J. Violle.

Je poursuis actuellement mes recherches sur l'effet Zeeman dans les vapeurs. Mes expériences, faites avec des champs plus intenses, m'ont permis de rencontrer quelques faits nouveaux que je compte étudier de plus près. Il en est un que je tiens à signaler dès maintenant, parce qu'il constitue une exception à une relation que je croyais générale pour les vapeurs, et parce qu'il fait disparaître une des différences qui existaient entre les résultats obtenus par M. J. Becquerel dans son étude des bandes d'absorption des cristaux et ceux que j'ai donnés dans le cas des spectres d'émission des vapeurs.

J'ai montré qu'il existe, dans ces spectres, des bandes présentant le phénomène de Zeeman longitudinal négatif (ou normal) et d'autres qui fournissent le phénomène longitudinal positif (ou anormal). Toutes les bandes à phénomène positif étudiées jusqu'à présent ont donné des doublets magnétiques dont les composantes ne peuvent être éteintes complètement à l'aide d'un analyseur circulaire convenablement orienté, les radiations non éteintes paraissant avoir, avec les moyens d'observation employés jusqu'ici, la même longueur d'onde que celles qui sont éteintes. C'est ce qui résulte des constatations faites sur quelques bandes du fluorure de calcium, par exemple; une étude plus rapide des bandes positives de plusieurs autres composés a permis d'étendre ces résultats. Il y avait donc lieu d'énoncer, d'une manière provisoire, et tant que l'expérience n'apporterait pas de fait contraire, une relation entre l'existence du phénomène longitudinal positif dans les vapeurs et l'extinction incomplète des composantes magnétiques par un analyseur circulaire. L'expérience suivante s'oppose à la généralité de cette relation.

(1) *Comptes rendus*, 2 octobre 1905; *Mathematische Annalen*, t. LXIII.

J'ai étudié, dans le champ magnétique, la bande $\lambda = 5789,7$ de l'oxyde de fer.

Ce corps, projeté à l'état de poudre dans la flamme d'un chalumeau oxyacétylénique, y est volatilisé et fournit un spectre très peu intense contenant la bande précédente; elle est à bord net du côté du violet, dégradée vers le rouge, l'intensité diminuant très rapidement à partir du bord le plus réfrangible, à tel point que sur les clichés, faits à l'aide d'une fente un peu large, la bande ressemble à une raie. On la retrouve dans l'arc électrique entre électrodes de fer, et l'on peut alors constater sa structure discontinue et dégradée.

J'ai étudié son changement magnétique parallèlement aux lignes de force, soit par des observations visuelles, soit sur des photographies. A cause du peu d'intensité de la bande, il a fallu utiliser de longues poses (2 heures) avec une fente assez large. Grâce à un champ de 28000 unités environ, fourni par un grand électro-aimant Weiss avec des pièces polaires percées et un entrefer de 1^{cm}, j'ai pu constater que cette bande fournit un nouvel exemple de bande sensible au champ, que le phénomène est positif, et que l'écart du doublet magnétique est environ cinq fois plus petit que celui de la raie D_1 du sodium. Mais, cette fois, la polarisation circulaire des composantes paraît être complète.

Perpendiculairement au champ, les observations sont encore plus difficiles; les photographies obtenues montrent que cette bande fournit probablement un triplet ordinaire, tandis que les autres bandes positives citées plus haut donnent, comme je l'ai montré, des doublets ou des quadruplets.

En résumé, il n'existe pas de relation générale entre l'existence du phénomène de Zeeman longitudinal positif et l'extinction incomplète des composantes des doublets magnétiques par un analyseur circulaire convenable. Cette règle ne s'applique qu'à certaines classes de composés; les faits observés montrent à nouveau que les divers spectres de bandes présentent entre eux des différences caractéristiques et que le phénomène de Zeeman pourra aider à leur classification.

PHYSIQUE. — *Cercle chromatique selon l'hypothèse d'Young.* Note de M. A. Rosenstiehl, présentée par M. J. Violle.

Le but principal d'une construction chromatique est de mettre à la disposition des Arts les vraies couleurs complémentaires; car, correspondant aux propriétés physiologiques de l'œil, ces couleurs jouissent de la propriété

de donner, par leur emploi simultané, à divers degrés d'intensité, des arrangements harmonieux.

Il importe de rectifier la vieille erreur qui consiste à considérer le rouge comme complémentaire du vert, le jaune comme complémentaire du violet, et le bleu comme complémentaire de l'orangé.

Ces notions fausses ont été introduites dans la Science à la fin du XVIIIe siècle par Robert Waring Darwin (1); elles ont été consacrées par le cercle chromatique en usage aux Gobelins et vulgarisées par une excellente copie chromolithographiée par Digeon (2), qui est dans le commerce depuis 1861 et qui constitue le seul document actuellement à la disposition des Arts. Elles se sont conservées jusque dans les Traités de vulgarisation les plus récents (3). C'est à ces notions inexactes qu'il faut attribuer le peu de crédit que les données de la Science trouvent auprès des artistes.

Il y a 30 ans (4) que j'ai signalé les causes expérimentales de cette erreur séculaire et que j'ai déterminé dans le cercle chromatique de Digeon (5) les vraies complémentaires, en me servant des disques rotatifs.

Mais, avant moi, Brücke (6) et Helmholtz (7) ont signalé la divergence qui existe entre les complémentaires de Darwin qu'il appelait *couleurs opposées* et celles que donne l'étude du spectre solaire.

L'expérience montre : 1° que les complémentaires du rouge et de l'orangé ne sont ni le vert ni le bleu, mais deux nuances très voisines, placées près du vert-bleu ; 2° que la complémentaire du jaune est le bleu et non le violet, et 3° que ce dernier est la véritable complémentaire du vert (exactement le troisième jaune vert du cercle de Digeon, et représenté par la couleur du vert Milori).

On voit que les écarts entre les vraies complémentaires et les *couleurs opposées* de Darwin sont notables, et que la construction d'un nouveau cercle chromatique est justifiée.

---

(1) DARWIN, *Bibliographie analytique de Plateau,* Section II, 1786, p. 32.

(2) E. CHEVREUL, *Exposé d'un moyen de définir et de nommer les couleurs* (*Atlas chromolithographié,* Paris, 1861).

(3) *Almanach Hachette,* Paris, 1909, p. 216. — SEEMANN, *Die Harmonie der Farben,* Leipzig, 1909.

(4) ROSENSTIEHL, *De l'harmonie des couleurs* (*Comptes rendus,* t. LXXXIV, 1877, p. 1133).

(5) Entre l'original des Gobelins et la chromolithographie il y a des divergences qui portent sur les différences d'intensité plus que sur les nuances, qui sont exactes.

(6) BRÜCKE, *Physiologie der Farben,* Leipzig, 1866.

(7) HELMHOLTZ, *Optique physiologique,* traduction Javal et Klein, Paris, 1867, p. 365.

Celui-ci est formé par 24 couleurs qui deux par deux sont : 1° exactement complémentaires ; 2° possèdent même intensité de coloration, c'est-à-dire que chaque couple reproduit un gris incolore par la rotation d'un disque, dont chacune d'elles recouvre la moitié de la surface ; et 3° sont sensiblement de même intensité de coloration, c'est-à-dire que le gris reproduit est le même à peu près pour les douze couples complémentaires.

Cette dernière condition, la plus difficile à réaliser dans la pratique, implique non seulement l'égalité d'intensité de coloration des deux couleurs composant le couple, mais aussi l'égalité d'intensité des couples entre eux. Sa réalisation exige l'intervention de l'hypothèse d'Young ([1]) précisée par Helmholtz, des trois sensations colorées fondamentales, dont j'ai défini les caractères ([2]).

J'ai dit ailleurs ([3]) comment, par l'étude de la répartition des couleurs complémentaires dans le cercle de Digeon, il m'a été possible de désigner les couleurs suivantes comme possédant les qualités des couleurs fondamentales exigées par la théorie d'Young ; ce sont :

L'orangé, dont la complémentaire est le premier vert bleu ;

Le troisième jaune vert, dont la complémentaire est le premier violet ;

Le troisième bleu, dont la complémentaire est le jaune placé entre le premier et le deuxième jaune.

Ces complémentaires se trouvent dans le cercle Digeon à égale distance des deux autres couleurs fondamentales. On possède ainsi six couleurs aussi équidistantes que possible, entre lesquelles il a été facile d'intercaler trois autres couleurs satisfaisant aux conditions énoncées plus haut, et de constituer ainsi douze paires de couleurs complémentaires. Ce qui frappe d'abord à la vue de cet ensemble disposé en cercle, les complémentaires étant opposées par le diamètre, c'est l'aspect différent des deux moitiés du cercle placées à gauche et à droite du couple vert-violet. Les rouges, orangés, jaunes paraissent notablement plus ternes que les verts et les bleus, qui sont des couleurs vives.

C'est qu'il a fallu rabattre les premières pour les ramener à l'égalité d'intensité de coloration des secondes. Dans le cercle Digeon où cette condition n'est pas observée, le rapport d'intensité est, pour le couple orangé-vert bleu, de 6 : 1. Il est variable et arrive à être égal à 1 pour le couple vert-violet.

([1]) THOMAS YOUNG, *Lectures of natural Philosophy*, t. I, 1807, p. 440.

([2]) *Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 343 ; t. XCII, p. 244 et 357.

([3]) *Loc. cit.*, p. 1286.

Le rabat des couleurs a été effectué à l'aide des disques tournants, avec un secteur de la couleur trop vive, dont l'angle a été pris en raison inverse de l'intensité. En le mettant en rotation rapide devant un fond noir, on obtient la couleur de la valeur voulue.

Les couleurs ainsi obtenues sont d'une beauté inimitable par les matières colorantes. Il a fallu, pour les reproduire par peinture ou par teinture, adjoindre au secteur coloré un petit secteur blanc. Le résultat inévitable de cette adjonction est non seulement d'augmenter l'intensité lumineuse totale, c'est-à-dire d'éclaircir la couleur, mais aussi de la ternir.

C'est pour ce motif que les représentants du rouge au jaune vert paraissent plus gris que les complémentaires correspondantes.

Quelle est la place de ce nouveau cercle chromatique dans la construction idéale telle qu'elle se déduit de l'hypothèse d'Young?

Cette place est donnée par l'angle du secteur blanc, nécessaire pour produire le même gris, que les divers couples constituant le nouveau cercle. Or le blanc (sulfate de baryte) étant pris comme unité pour un même éclairage, chacune des trois sensations fondamentales colorées en représente le tiers.

Un disque formé par trois secteurs de 120°, coloré chacun par l'une des sensations fondamentales (si l'on pouvait les réaliser), produirait par sa rotation un gris égal à celui produit avec un secteur blanc de 120°. L'ensemble des couples complémentaires du cercle chromatique nouveau correspondant à un gris de 50°, indique que l'intensité lumineuse totale de ce cercle est les $\frac{50}{120} = \frac{5}{12}$ de l'intensité théorique.

C'est le cercle le plus coloré qu'actuellement on puisse produire avec les colorants les plus vifs, si l'on exclut ceux que donnent des couleurs notoirement trop fugaces.

PHYSIQUE. — *Sur des mesures de mouvements browniens dans les gaz et la charge des particules en suspension.* Note de M. DE BROGLIE, présentée par M. E. Bouty.

Nous avons signalé dans une Note précédente (¹) une méthode permettant l'enregistrement photographique des trajectoires browniennes dans les gaz (²).

(¹) *Comptes rendus*, 1er semestre 1909, p. 1163.

(²) L'imperfection de la reproduction typographique accompagnant cette Note ne permet guère de se faire une idée exacte des clichés obtenus.

Ce procédé fournit une méthode de mesure de la charge électrostatique e que les particules en suspension peuvent posséder [1].

1° L'examen ultramicroscopique permet en effet de suivre le mouvement d'une particule chargée dans un champ et d'en déduire, par une méthode directe, la valeur de la mobilité ou vitesse dans un champ unité.

Cette mobilité v sera liée à la charge e par la formule de Stokes

$$e = 6\pi a \mu v,$$

où a est le rayon de la particule et μ le coefficient de viscosité du milieu.

D'autre part la formule d'Einstein [2] qu'on peut écrire

$$a = \frac{RT}{N} \frac{t}{3\pi\mu\Delta^2}$$

donne le moyen de calculer a si l'on connaît Δ^2; cette dernière quantité est le carré moyen du déplacement d'une particule suivant une direction quelconque pendant le temps t, par l'effet du mouvement brownien; elle est mesurable directement sur une projection agrandie des clichés obtenus par photographie.

Les nombres que nous allons donner sont relatifs à des particules de fumée de tabac dont les grains sont grossis par détente dans une atmosphère humide; il faut en effet, pour impressionner une plaque photographique par la lumière diffusée latéralement, que les granules soient amenés à un certain diamètre.

L'observation oculaire montre qu'on obtient ainsi quelques grains relativement gros qui tombent rapidement et d'autres plus petits qui restent en suspension et sont animés de vifs mouvements browniens; ce sont ces derniers auxquels se rapportent les chiffres suivants.

La moyenne d'un grand nombre de mesures a donné : pour le carré moyen du déplacement $\frac{1}{\Delta^2} = 0,7.10^5$ centimètres carrés; pour la mobilité

---

(1) Depuis la dernière Note publiée par nous, il est venu à notre connaissance un travail de M. Ehrenhaft publié dans la *Physikalische Zeitschrift* du 1er mai 1909 et antérieurement dans les *Wiener Sitzungsberichte*. L'auteur y expose une méthode de mesure des mobilités et des vitesses de chute de particules métalliques dans le champ de l'ultramicroscope et en déduit pour e une valeur moyenne égale à $4,6.10^{-10}$ unité électrostatique pour des particules dont le rayon vaudrait 3.10^{-5} centimètre.

(2) Voir la démonstration de cette formule par M. Langevin (*Comptes rendus*, t. I, 1908, p. 530).

$v = 27,5 . 10^{-3}$ centimètre par seconde dans un champ de 1 unité électrostatique, ce qui conduit à $a = 4,9 . 10^{-6}$ centimètre (formule d'Einstein), et finalement à $e = 4,5 . 10^{-10}$ unité électrostatique (formule de Stokes), valeur bien concordante avec celles qu'ont données de nombreuses méthodes pour la charge atomique élémentaire. M. Perrin ayant étendu la validité de la formule de Stokes à des rayons très petits, le résultat précédent peut être considéré comme une vérification de la formule d'Einstein dans le cas des gaz.

Une autre série de mesures, sur des particules plus grosses, conduit à un rayon moyen

$$a = 5 \times 10^{-5} \text{ centimètre}$$

et à une charge valant plusieurs fois e, résultat qui peut s'expliquer en admettant qu'une particule déjà chargée est capable d'attirer une nouvelle charge de même signe, malgré les répulsions mutuelles, lorsque sa grosseur permet de la considérer comme subissant l'influence, à la façon d'un petit conducteur.

2° On peut également obtenir dans les fumées (papier salpêtré, etc.) et dans les gaz d'étincelle des particules auxquelles la grande amplitude des mouvements browniens et la valeur de la mobilité conduisent à donner un rayon sensiblement plus petit que la valeur $4,9 . 10^{-6}$ que nous avons obtenue; mais la vitesse de déplacement et le peu de lumière diffusée latéralement ne permettent plus alors l'impression d'une plaque photographique.

Nous avons tenté d'apprécier leur rayon au moyen du coefficient de diffusion

$$D = \frac{RT}{N} \frac{1}{6\pi\mu a}$$

qu'une méthode dérivée de celle que Townsend a appliquée aux petits ions permet d'atteindre; on compare les conductibilités avant et après le passage à travers un diffuseur formé d'un faisceau de 250 tubes capillaires de 50^{cm} de longueur; les valeurs trouvées pour D sont de l'ordre de 10^{-5} et les rayons correspondant vaudraient quelques $\mu\mu$ seulement; néanmoins ces particules sont encore très visibles à l'ultramicroscope, ce qui nous amène à remarquer que les gaz de flamme, renfermant des centres chargés d'une mobilité analogue [1], se montrent cependant à peu près optiquement vides dans les mêmes conditions; cette invisibilité pourrait s'expliquer en admettant que

[1] E. Bloch, *Journal de Physique*, 1904.

les ions des gaz de flamme et les centres neutres qui les accompagnent sont des agglomérations de molécules gazeuses dans un état de condensation imparfaite.

ACOUSTIQUE. — *Sur les harmoniques graves.* Note (¹) de MM. **G. Sizes** et **G. Massol**, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note précédente sur la *multiplicité des sons émis par les diapasons* (²), nous avons rappelé la remarque de Savart relative aux *sons graves* et indiqué que nous avions obtenu et enregistré avec un diapason ut_0, des harmoniques inférieurs atteignant plusieurs octaves au-dessous du *son prédominant* (³). En continuant ces recherches, nous avons inscrit avec ce même diapason un grand nombre de nouvelles courbes, en même temps que les phénomènes vibratoires observés sur le fil enregistreur ont confirmé l'impression relatée par Savart.

Au moment où se manifestent ces vibrations, le fil inscripteur prend l'aspect d'un ruban plat, large de 10^{mm} à 15^{mm}; l'amplitude de son mouvement varie périodiquement et l'on perçoit un bruit semblable à un souffle dont l'intensité varie progressivement. Le fil se divise en segments de longueur fixe correspondant au son prédominant qui accompagne toujours les harmoniques inférieurs; et l'extrémité libre décrit dans l'espace une trajectoire rappelant les figures de Lissajous.

La lecture des courbes nous a permis de constater l'existence de 16 nouveaux harmoniques inférieurs, ce qui porte à 26 le nombre total de ceux que nous avons observés et dont nous donnons ci-dessous le Tableau complet, dans l'ordre adopté : 1° noms des sons; 2° nombre de vibrations; 3° ordre des harmoniques et rapports à la fondamentale.

(fa_{-7}).	fa_{-6}.	ut_{-4}.	fa_{-5}.	la_{-5}.	ut_{-4}.	fa_{-4}.	sol_{-4}.	ut_{-3}.	$mi\flat_{-3}$.	mi_{-3}.	fa_{-3}.	sol_{-3}.	$si\flat_{-3}$.
($0^{v}\frac{1}{3}$)	$0^{v}\frac{2}{3}$	1^{v}	$1^{v}\frac{1}{3}$	$1^{v}\frac{2}{3}$	2^{v}	$2^{v}\frac{2}{3}$	3^{v}	4^{v}	$4^{v}\frac{2}{3}$	5^{v}	$5^{v}\frac{1}{3}$	6^{v}	7^{v}
(1)	2	3	4	5	6	8	9	12	14	15	16	18	21

ut_{-2}.	$ré_{-2}$.	$mi\flat_{-2}$.	mi_{-2}.	fa_{-2}.	sol_{-2}.	ut_{-1}.	$mi\flat_{-1}$.	mi_{-1}.	fa_{-1}.	sol_{-1}.	$si\flat_{-1}$.	ut_0.
8^{v}	9^{v}	$9^{v}\frac{1}{3}$	10^{v}	$10^{v}\frac{2}{3}$	12^{v}	16^{v}	$18^{v}\frac{2}{3}$	20^{v}	$21^{v}\frac{1}{3}$	24^{v}	28^{v}	32^{v}
24	27	28	30	32	36	48	56	60	64	72	84	96

(¹) Présentée dans la séance du 10 mai 1909.
(²) *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 872.
(³) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 25.

Les dix premiers sons de cette échelle constituent l'élément complet de l'accord de septième mineure harmonique de dominante et, par prolongation, celui de neuvième majeure : *fa, la, ut, mi*♭, *sol;* l'ut_0, qui est le son prédominant de ce diapason, est la quinte d'une des octaves supérieures.

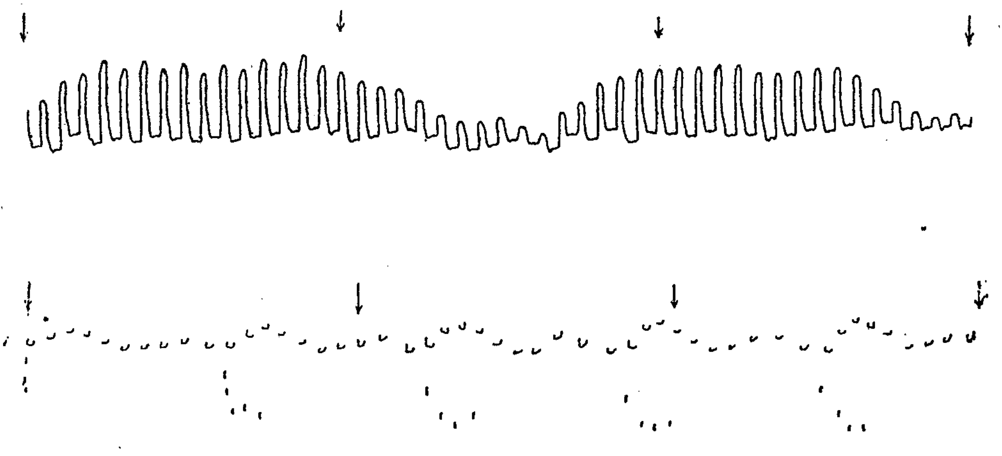


Fig. 1. — Fragments de deux courbes obtenues à la vitesse de 1 tour du cylindre du chronographe en 10 secondes.
Les espaces figurés par les flèches indiquent la durée d'une seconde.

La première courbe donne *deux grandes périodes en 3 secondes*, formées de 48 grandes vibrations avec le rapport d'octave $\frac{2}{1} = 96^v$; lequel rapport est beaucoup plus accentué par la suite, alors que les grandes périodes cessent de s'inscrire. Il en est de même de la deuxième courbe. En *une seconde* cela produit : 0^v, $\frac{2}{3}$, 16 et 32 vibrations. La deuxième courbe donne *en 3 secondes : cinq grandes périodes,* chacune divisée en 2 moyennes, rapport $\frac{2}{1}$, et formées de 48 vibrations dans l'ensemble de la courbe. En *une seconde* cela produit : 1^v, $\frac{2}{3}$, 3^v, $\frac{1}{3}$ et 16^v.

D'autre part, l'inscription de l'harmonique 2, par $0^v\frac{2}{3}$ à la seconde, ne laisse plus aucun doute sur la possibilité de l'existence de son octave grave qui est le son fondamental (encore non enregistré), dans les manifestations vibratoires de ce diapason.

Au point de vue musical, c'est dans la nature de cet ensemble harmonique qu'apparaît la preuve de l'exactitude de l'échelle, où ont pu se classer tous les sons trouvés; leurs rapports ont exigé la détermination du son fondamental, ou son 1, fa_{-7}.

Si nous faisons état de 5 harmoniques supérieurs nouveaux inscrits, ajoutés aux 22 déjà publiés, nous trouvons un total de 53 harmoniques inférieurs et supérieurs donnés jusqu'ici par ce diapason.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les projections cathodiques.* Note de M. L. **Houllevigue**, présentée par M. E. Bouty.

On sait qu'une cathode placée dans le vide projette, en outre des corpuscules déviables par l'aimant, des parties de sa propre substance. Ces projections de matière ne sont pas déviées d'une façon appréciable par le champ magnétique, ce qui prouve que les particules projetées ont, ou une masse matérielle grande, ou une charge électrique faible, ou une grande vitesse. Les expériences relatées dans cette Note sont favorables à la première hypothèse, qui n'exclut d'ailleurs aucune des deux autres.

Lorsqu'une lame de verre, partiellement masquée par un écran, a été exposée pendant quelques secondes aux projections cathodiques, rien ne distingue, au premier aspect, la région laissée nue de la partie protégée; mais il suffit de souffler sur le verre pour que la vapeur d'eau, se condensant sur la première région, la fasse apparaître très nettement. Ce phénomène n'est pas spécial à l'eau (1); d'autres vapeurs le présentent, mais il est particulièrement net et facile à observer avec le mercure : il suffit de maintenir la lame de verre impressionnée à quelques millimètres d'un bain de mercure chauffé à 150°, pour voir l'image latente apparaître comme dans le développement photographique; les gouttes de mercure sont rares et grosses dans la partie protégée, beaucoup plus petites et plus nombreuses dans la région frappée par les projections.

L'étude microphotographique du phénomène montre qu'en accroissant la durée d'exposition aux vapeurs mercurielles, on accroît les dimensions des gouttes, mais non leur nombre; ce nombre est proportionnel au temps pendant lequel la lame a été exposée à l'action de la cathode. Exemple :

Durée t d'exposition (en secondes).........	0	6	9	15
Nombre N de gouttes par millimètre carré...	$5200 = N_0$	146800	172000	382000
$\dfrac{N - N_0}{t}$..................................		23600	18500	25100

L'ensemble des faits observés porte à croire que les gouttes prennent naissance autour de centres attractifs créés par la décharge de la cathode,

(1) Un autre effet dépendant de la même cause se manifeste quand on plonge dans un bain d'argenture chimique une lame dont une partie a été soumise aux projections cathodiques : le dépôt d'argent est beaucoup plus épais dans la région atteinte par ces projections.

mais cette décharge comprend de la matière et des corpuscules, et l'on peut se demander laquelle de ces deux projections produit les centres attractifs; l'expérience prouve que c'est la première :

Entre une cathode d'argent et un plan de verre, on interpose deux écrans parallèles en mica, percés de trous ayant 4^{mm} de diamètre; on obtient dans ces conditions un faisceau bien délimité; un aimant rejette les rayons cathodiques sur le côté de la lame; l'argent projeté par la cathode donne un voile très léger, mais visible, dans l'axe des deux trous des écrans. En soumettant ensuite le verre aux vapeurs de mercure, on constate que la partie centrale, ternie par les projections cathodiques, contient 22 000 gouttes par millimètre carré, tandis que la partie exposée aux rayons cathodiques en contient 3500 et qu'une autre région, prise au hasard sur la lame, en renferme 6500. Si l'on suppose (c'est notre seule hypothèse) que chacune des particules de la cathode projetées sur la lame de verre donne naissance à un centre attractif, on pourra évaluer le nombre et les dimensions de ces particules. Il suffit de soumettre deux plages d'une même lame aux projections cathodiques, en régime régulier, l'une pendant un temps t assez court pour qu'on puisse compter le nombre $N - N_0$ des centres par millimètre carré, l'autre pendant un temps assez long T pour qu'il se forme un dépôt d'épaisseur mesurable e millimètres. Si v millimètres cubes est le volume de chaque élément projeté, on aura

$$(N - N_0) v \frac{T}{t} = e,$$

d'où l'on tire v.

Les expériences ont été faites avec une cathode en argent; l'épaisseur e était mesurée par ioduration :

Lame N° 103...	$t = 6^s$	$T = 15^m$	$N - N_0 = 141600$	$e = 15^{\mu\mu}$	$v = 7 \times 10^{-13}$ mm³
Lame 107...	$t = 5$	$T = 30$	$N - N_0 = 304000$	$e = 47$	$v = 4,3 \times 10^{-13}$
Lame 108...	$t = 5$	$T = 30$	$N - N_0 = 218000$	$e = 62$	$v = 7,9 \times 10^{-13}$

Il résulte de ces valeurs de v qu'à chaque centre attractif correspond une masse d'argent projeté voisine de 6×10^{-12} milligramme, c'est-à-dire 10^7 fois plus grande que la masse d'une molécule d'argent.

Les projections cathodiques seraient, d'après cela, constituées d'éléments matériels très gros par rapport aux molécules. Leur diamètre, en les supposant sphériques, serait voisin de $100^{\mu\mu}$, c'est-à-dire très supérieur à l'épaisseur de certains dépôts qui paraissent continus : des couches d'argent, ayant une épaisseur moindre que $10^{\mu\mu}$, examinées au microscope avec l'immersion homogène et un grossissement de 1300 diamètres, apparaissent comme des pellicules continues, mais granuleuses.

Pour ces raisons, et d'autres encore, il est impossible de se représenter

les dépôts cathodiques comme formés de morceaux arrachés à la cathode et transportés tels quels dans l'espace environnant; on pourrait plutôt les comparer à des taches formées à la surface du verre par des condensations moléculaires effectuées dans la région de l'auréole négative.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le point de congélation des mélanges gazeux à de très basses températures*. Note de M. **Georges Baume**, présentée par M. Georges Lemoine.

I. On connaît les nombreux travaux qui ont pour origine l'application de la loi des phases à la solidification d'un système de deux corps; toutefois l'étude de la congélation des mélanges gazeux et l'établissement de leurs courbes de fusibilité, malgré leur intérêt, n'ont encore donné lieu à aucune recherche systématique ([1]). La méthode suivante nous a permis d'effectuer ces déterminations simplement et sans pesées.

II. Les deux gaz à étudier, purifiés par liquéfaction et distillations fractionnées, sont conservés à l'état liquide dans deux ampoules (C, C') convenablement refroidies et réunies au reste de l'appareil; celui-ci, débarrassé de toute trace d'air, est entièrement construit en verre soudé.

Le poids des gaz, qu'il serait difficile, dans la plupart des cas, d'obtenir par pesées, est déterminé volumétriquement, avant leur introduction dans le tube cryoscopique T, dans deux ballons jaugés (β, β'), à 0°; les indications d'un manomètre gradué S, joint à l'appareil, permettent de calculer le poids du gaz contenu dans chaque ballon, à diverses pressions, si l'on connaît sa densité et sa compressibilité ([2]). On peut ensuite, en plongeant le tube T dans l'air liquide, condenser la totalité (ou une partie) du contenu des ballons dans le tube cryoscopique, muni d'un agitateur électromagnétique α et d'un thermomètre (ou d'un couple thermo-électrique).

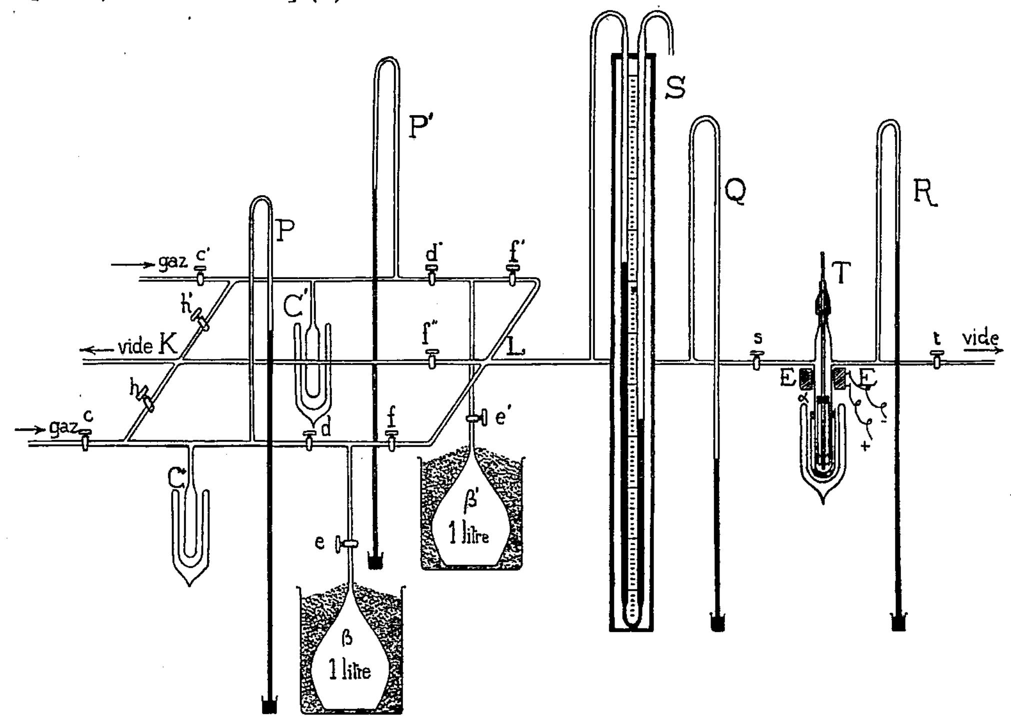
Il est facile, avec un tel dispositif, de déterminer le point de congélation de mélanges en diverses proportions de deux gaz : il suffit d'ajouter à un poids connu de l'un des gaz, pur, condensé dans le tube T, des quantités

([1]) Cf. Van Hekren, *Z. anorg. Chem.*, t. XXII, 1900, p. 277 (*étude incomplète du système* $NO + Cl^2$); V. Wittorf, *Ibid.*, t. XLI, 1904, p. 85 (*étude du système* $NO + NO^2$). Voir également quelques déterminations cryoscopiques et ébullioscopiques dues à Beckmann et à ses collaborateurs (*Z. phys. Chem.*, passim), et Hunter, *Journ. phys. Chem.*, t. X, 1906, p. 330.

([2]) Pour les données employées, voir Ph.-A. Guye, *Journ. Chim. phys.*, t. V, 1907, p. 203, et t. VI, 1908, p. 769; G. Baume, *Ibid.*, t. VI, 1908, p. 1.

croissantes, également connues, de l'autre gaz (1), et de déterminer après chaque addition le point de congélation du mélange ainsi constitué, en protégeant le tube-laboratoire de l'action trop rapide du réfrigérant par un manchon convenablement disposé.

III. Parmi les courbes que nous avons tracées à l'aide de cette méthode, nous mentionnerons, à titre d'exemple, celles que nous avons obtenues avec les systèmes binaires $[(CH^3)^2O - HCl]$, $[(CH^3)^2O - SO^2]$, $[CH^3)^2O - CH^3Cl]$ (2).



La courbe $(CH^3)^2O - HCl$ présente deux maximums : l'un (à $-94°$) caractérise la combinaison de Friedel, $[(CH^3]^2O + HCl]$, dont nous avons retrouvé les diverses propriétés signalées par cet illustre chimiste ; l'autre

(1) Une manœuvre convenable des robinets permet d'arriver aisément à ce résultat et d'éliminer complètement l'influence de l'espace nuisible compris entre les ballons et le tube T.

(2) L'étude de ces différents systèmes nous a conduit à déterminer la température de fusion de différents gaz purs : nous avons trouvé $-111°$ pour HCl ($-111°,3$ d'après Ladenburg et Krügel), $-72°,3$ pour SO^2 ($-72°,7$ d'après Walden et Centneszwer), $-91°,5$ pour CH^3Cl, et $-138°,5$ pour $(CH^3)^2O$.

(à -102°) correspond à la formule $[(CH^3)^2O + 4HCl]$. La majeure partie de l'intervalle compris entre ces deux maximums est inaccessible à l'expérience, parce que les mélanges considérés forment des verres incristallisables.

L'étude des mélanges $[(CH^3)^2O - SO^2]$ nous a permis de retrouver dans la phase solide l'existence (1) de la combinaison $[(CH^3)^2O + SO^2]$, récemment signalée dans les phases gazeuse et liquide par MM. Briner et Cardoso, à la suite de leurs belles recherches sur la compressibilité et la liquéfaction des mélanges gazeux (2). Quant au système $[(CH^3)^2O - CH^3Cl]$, il nous a donné, pour une concentration similaire, un point anguleux sur lequel nous reviendrons en publiant les diagrammes complets relatifs à ces systèmes et à plusieurs autres; nous y joindrons les constantes physico-chimiques qu'il est possible d'en déduire ou de mesurer avec ce même appareil.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Théorie des bases organiques d'après la viscosité de leurs solutions*. Note de M. **D.-E. Tsakalotos**, présentée par M. G. Lemoine.

D'après la théorie d'Arrhénius, les bases sont considérées comme des corps, qui se dissocient en solution aqueuse en ions, dont l'un est l'anion $[\overline{OH}]$. Mais les bases organiques ne peuvent être comprises dans cette définition, ne contenant souvent même pas de l'oxygène.

On pourrait admettre que les *bases organiques* en solution aqueuse se combinent avec l'eau et forment des combinaisons moléculaires, des *aquobases* (combinaisons entre l'azote pentavalent de la base et l'oxygène quadrivalent de l'eau) :

$$\text{base organique} + (H_2O)_x = \text{aquobase}.$$

Ainsi le groupe [OH] étant contenu dans la molécule, la dissociation en ions se ferait d'après le schéma

$$\text{aquobase} = [\text{base H}]^+ + [\overline{OH}].$$

(1) Le maximum correspondant est à $-91^{\circ},7$.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 919; *Journ. Chim. phys.*, t. VI, 1908, p. 641. On trouvera dans ce dernier Mémoire (p. 677) une bonne bibliographie des combinaisons oxoniennes de l'oxyde d'éthyle.

Pour rendre probable cette théorie, il faut démontrer que *les bases organiques en solution aqueuse se trouvent sous la forme d'aquobases*. Les exemples ci-dessous (¹) tendent à confirmer cette théorie.

Tout récemment Werner (²) a modifié la théorie d'Arrhénius dans ce sens que les bases inorganiques, telles que KOH, se combinent aussi avec l'eau pour se dissocier ensuite en ions $[KOH^2]^+ + [\overline{OH}]$. De cette manière, on arriverait à admettre par deux voies différentes, pour les bases inorganiques et les bases organiques, presque la même théorie; la seule différence en serait que les bases inorganiques forment des cathions [métal-eau]$^+$, tandis que les bases organiques formeraient des cathions [base-hydrogène]$^+$, l'anion étant dans les deux cas le même $[\overline{OH}]$.

1° *Triéthylamine.* — Le système triéthylamine et eau présente une courbe de solubilité réciproque particulièrement remarquable. Au-dessous de 18° il est parfaitement homogène, tandis qu'au-dessus il se sépare en deux couches (Rothmund, *Zeit. f. ph. Chem.*, 1898, p. 461). L'étude des coefficients de viscosité démontre qu'au dessous de 18° il doit exister un hydrate de la triéthylamine.

Triéthylamine pour 100 en poids.	Durée d'écoulement.	Densité d_4^{15}.	Viscosité η_{15}.
0	45,0 s	0,9991	0,01134
15,4	140,5	0,9723	0,02563
26,6	167	0,9459	0,03984
41,6	204	0,9053	0,04658
51,2	210	0,8830	0,04677
59,7	192	0,8623	0,04176
73,9	122	0,8211	0,02563
100	21,5	0,7323	0,003971

La viscosité (courbe positive) passe par un maximum environ à la concentration (48 pour 100 triéthylamine + 52 pour 100 eau) : alors la viscosité est 15 fois supérieure à celle de la triéthylamine pure.

2° *Pyridine.* — La viscosité et la densité du système (pyridine + eau), étudiées par Dunstan, Thole et Hunt, démontrent aussi l'existence d'un hydrate de la pyridine. Il en est de même d'après la courbe des *températures de congélation* et d'après l'étude des effets thermiques, faite tout récemment par E. Baud (³).

(¹) Expériences faites de la même manière que pour les hydrates des acides gras (Tsakalotos, *Comptes rendus*, 2 juin 1908).

(²) Werner, *D. chem. Gesellschaft*, 1907, p. 4133.

(³) Dunstan, Tole et Hunt, *D. chem. Gesellschaft*, 1907, p. 1728. — E. Baud, *Comptes rendus*, 11 janvier 1909. — Mêmes conclusions d'après le fractionnement des solutions : Goldschmidt et Constam, *D. chem. Gesellschaft*, t. XVI, 1883, p. 2976.

3° *Pipéridine.* — La pyridine et la pipéridine sont solubles en toute proportion dans l'eau; elles présentent en conséquence, d'après la théorie de Timmermans, une courbe négative fermée de solubilité. La courbe de viscosité du système (pipéridine + eau) offre un maximum à la concentration (70 parties de pipéridine + 30 parties d'eau), ce qui démontre l'existence d'une combinaison moléculaire entre la pipéridine et l'eau, hydrate dont la viscosité est 5 fois supérieure à celle de la pipéridine :

Pipéridine pour 100 en poids.	Durée d'écoulement.	Densité d_4^{20}.	Viscosité η_{20}.
0	40^s	0,9983	0,01002
46,4	223	0,9576	0,05346
62,6	295	0,9386	0,06931
76,7	292	0,9177	0,06708
100	69	0,8604	0,01486

4° *Nicotine* (¹). — La courbe de solubilité réciproque de la nicotine et de l'eau, d'après Hudson, est une courbe entièrement fermée. La courbe des coefficients de viscosité de ce système présente un maximum bien défini, correspondant à 78 parties de nicotine + 22 parties d'eau. La viscosité de ce mélange est 8 fois supérieure à celle de la nicotine et 35 fois à celle de l'eau. De même la courbe de densité offre un maximum à la concentration 72 pour 100 en nicotine. L'étude de la courbe des températures de congélation ne peut être appliquée à cause de la grande viscosité présentée par les solutions aqueuses de nicotine.

Mais la courbe de rotation spécifique étudiée par plusieurs auteurs nous montre un point d'inflexion qui correspond à peu près au maximum de densité et de viscosité.

Toutes ces mesures révèlent l'existence d'un hydrate de la nicotine.

L'allure de la courbe de solubilité réciproque de la nicotine et de l'eau doit aussi être attribuée à l'existence d'un hydrate; il en est de même de celle des autres courbes de solubilité réciproque de bases organiques et d'eau étudiées jusqu'à ce jour. Tous ces systèmes présentent un type spécial de courbe de solubilité (²).

En résumé, les bases ci-dessus mentionnées forment des combinaisons moléculaires avec l'eau, c'est-à-dire qu'elles existent en solution aqueuse sous la forme d'aquobases.

La théorie qui fait l'objet de cette Note peut donc être considérée comme corroborée par l'expérience.

Cette théorie explique le fonctionnement des bases organiques; de plus, elle permet de prévoir les différentes propriétés de solutions aqueuses de ces corps (solubilité, viscosité, densité, fusion, effets thermiques, etc.).

(¹) Un Mémoire détaillé sur le système (nicotine + eau) sera publié ailleurs.

(²) Cf. Flaschner, *Zeit. f. ph. Chem.*, t. LXII, 1908, p. 493.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système eau-ammoniac liquide. Concordance des résultats avec l'hypothèse de l'hydrate d'ammonium.* Note de MM. **E. Baud** et **L. Gay**, présentée par M. A. Haller.

Nous nous sommes proposé de déterminer les hydrates existant dans les solutions d'ammoniaque.

Dans ce but, nous avons mesuré les quantités de chaleur dégagées et les contractions qui accompagnent le mélange de l'eau et de l'ammoniac anhydre, supposé liquide.

Mesures calorimétriques. — Au lieu de calculer, comme on le fait habituellement, l'effet thermique produit par l'addition d'eau à la molécule-gramme d'ammoniac, nous avons établi les quantités de chaleur pour un volume constant du mélange (100^{cm^3}) et construit la courbe en fonction de la composition centésimale.

Dans ces conditions, et s'il n'y a qu'un seul hydrate en quantité importante, on peut démontrer que le maximum thermique a lieu pour un mélange de composition voisine de celle de l'hydrate, même si celui-ci est partiellement dissocié.

(Dans ce dernier cas, le graphique a une forme arrondie, tandis que, s'il n'y a pas dissociation, il est formé de deux droites.)

Les chaleurs de formation des divers mélanges ont été calculées au moyen des chaleurs de dilution de ces mélanges dans un grand excès d'eau et de la chaleur de dissolution de l'ammoniac anhydre liquide.

Les solutions à plus de 39 pour 100 de AzH^3 étaient préparées en saturant de gaz l'eau refroidie à une température convenable au moyen de chlorure de méthyle ou de neige carbonique.

Ces solutions étaient introduites dans des ampoules en verre terminées par deux pointes effilées qu'on scellait à la lampe.

Ces ampoules étaient brisées dans l'eau du calorimètre à 12°-13°. On analysait ensuite la solution.

Pour les teneurs inférieures à 50 pour 100, nous avons obtenu des nombres un peu différents de ceux de M. Berthelot.

Quant aux nombres correspondants aux teneurs plus élevées, ils n'avaient pas encore été déterminés.

Nous avons mesuré la chaleur de dissolution de l'ammoniac liquide par un procédé analogue. Mais, dans ce cas, ainsi que pour les solutions très riches en AzH^3, il faut fixer le tube scellé contenant le liquide à l'agitateur en platine, puis, au moyen d'une pince à poignée isolante, casser la pointe inférieure qui doit être très effilée. Dans ces conditions, il n'y a pas de projections.

Nous avons trouvé, pour la dissolution de l'ammoniac anhydre liquide dans l'eau à 12°, 3^Cal,485 pour 17^g.

Le nombre déduit de la chaleur de dissolution du gaz à 10° (8^Cal,82, Berthelot) et de la chaleur de vaporisation de l'ammoniac à 12° (5^Cal,015, Regnault) est 3^Cal,805. Or, la mesure directe, faite comme nous l'avons indiquée, présente moins de causes d'erreurs.

Nous avons donc adopté 3^Cal,485.

Au moyen de ce nombre et des chaleurs de dilution, nous avons calculé, connaissant les densités, les chaleurs de formation pour 100^cm³ (1).

La courbe présente un maximum pour la solution à 46 pour 100 d'ammoniac, ce qui correspond à la composition

$$AzH^3 + 1,109\,H^2O.$$

La partie de la courbe située du côté des solutions riches en ammoniac est à peu près droite.

L'autre partie descend moins brusquement, ce qui semble indiquer l'existence d'un hydrate plus riche en eau.

Densités et contractions. — Le mélange d'eau et d'ammoniac liquide est accompagné d'une contraction qui peut atteindre 9 pour 100 du volume du mélange.

Les contractions ont été calculées par la formule $c = \frac{V_1 + V_2 - V}{V} \times 100$ pour rendre les résultats comparables avec les mesures thermiques.

Les mesures de densité ont été faites par la méthode du flacon, en enfermant les solutions dans des ampoules scellées de façon que le niveau du liquide se trouve dans la partie effilée.

(1)

AzH³ pour 100.	Chaleurs de formation de 100cm³.	AzH³ pour 100.	Chaleurs de formation de 100cm³.
	Cal		Cal
18,08	3,091	47,72	5,275
24,82	3,923	48,00	5,253
32,09	4,673	48,45	5,422
35,44	4,968	52,17	5,089
35,55	4,950	52,95	5,033
36,14	4,992	54,80	4,990
36,30	5,038	55,50	5,018
37,10	5,073	56,10	4,952
39,48	5,120	64,77	4,072
39,59	5,155	66,20	3,928
39,77	5,155	80,34	2,519
44,06	5,193		

Le maximum de contraction se produit vers 52 pour 100 de AzH^3, soit

$$AzH^3 + 0,9 H^2O \text{ (1)}.$$

En résumé, les faits qui précèdent concordent avec l'existence, dans les solutions aqueuses d'ammoniaque, de l'hydrate AzH^3, H^2O, en équilibre avec l'eau et l'ammoniac libres.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Propriétés colorantes du chromate de plomb.* Note de M. **Léo Vignon** (²), présentée par M. Armand Gautier.

J'ai étudié le chromate de plomb $PbCrO^4$ comme exemple des matières colorantes insolubles employées dans la teinture. La fixation de ces matières colorantes sur les textiles présente, en effet, des particularités intéressantes; elle diffère complètement, par son mécanisme, de celle des matières colorantes solubles que j'ai étudiées (*Comptes rendus*, 14 janvier 1907, 29 mars 1909).

Les chromates de plomb ont été appliqués par Lassaigne, en 1820, à la coloration des textiles. Pour obtenir ces colorations, on passe le textile d'abord dans une dissolution aqueuse d'un sel de plomb soluble, puis dans une solution aqueuse d'un chromate de potassium ou de sodium. Le chromate de plomb se forme et se précipite sur la fibre, qui en retient, après lavage, une certaine quantité, en restant colorée en jaune ou en orangé, suivant que le chromate est neutre ou basique.

Expériences. — J'ai constaté, tout d'abord, qu'il n'était pas nécessaire, pour teindre du coton en jaune, de former le chromate de plomb par précipitation sur la fibre, quoique ce mode de procéder soit préférable, au point de vue industriel.

Le chromate de plomb précipité, bien lavé, étant mis en suspension dans l'eau, teint les textiles. La caractéristique de cette teinture est que tous les textiles, à de très petites différences près, se comportent de la même manière; ils se teignent également, quelle que soit leur nature, végétale ou animale; le chromate de plomb teint également bien la soie, la laine et le coton.

(¹) Voici quelques-uns de nos résultats :

	AzH^3 pour 100.								
	23,61.	38,64.	45,92.	47,904.	49,917.	50,62.	54,54.	76,64.	100.
Densité à 15°/15°	9147	8707	8473	8404	8334	8312	8164	7262	6189
Contraction pour 100...	4,76	7,79	8,69	8,83	8,96	9,03	9,06	6,89	»

(²) Présentée dans la séance du 10 mai 1909.

10g de chromate de plomb obtenu par précipitation, bien lavé, non séché ou séché partiellement à l'air à la température ordinaire, sont mis en suspension dans 500cm³ d'eau distillée : dans ce mélange on manœuvre une flotte de 1g de coton, de laine ou de soie; le textile se teint en jaune intense, soit à la température ordinaire, soit à 90°.

Après 30 minutes, on retire l'écheveau, on le tord et on le lave dans 200cm³ d'eau distillée froide. Ce lavage entraîne une grande quantité de chromate de plomb ; on effectue 2, 3, 4, ... lavages semblables, jusqu'à ce que l'eau distillée ne détache plus sensiblement de chromate de plomb. L'écheveau est ensuite tordu et séché à l'air : il est coloré en jaune intense, quel que soit le textile, soie, laine ou coton.

Ces flottes teintes, frottées sur du papier blanc, le tachent en jaune; au microscope, on voit des amas de chromate de plomb fixés par places à la surface des fils; quand la teinture est obtenue par précipitation sur fibre, le chromate de plomb apparaît, à l'examen microscopique, fixé à la surface et à l'intérieur du fil sur les filaments primaires constitutifs.

J'ai teint des écheveaux de 1g de soie décreusée, laine dégraissée et coton débouilli, dans des bains aqueux renfermant diverses proportions de chromate de plomb, à la température ordinaire et à 90°, pendant 30 minutes.

Après teinture, les écheveaux ont été tordus, lavés à l'eau distillée froide, dans les mêmes conditions, jusqu'à élimination du chromate de plomb non fixé, et séchés à l'air. Voici quelles étaient leurs intensités colorantes comparatives :

Teintures avec $PbCrO^4$ *précipité, en suspension dans l'eau.*

1 partie $PbCrO^4$	Coton.	Laine.	Soie.
Pour 20 parties d'eau....	Jaune foncé	Jaune foncé	Jaune foncé
» 50 »	»	»	»
» 200 »	»	»	»
» 2000 »	Jaune clair	Jaune clair	Jaune clair
» 4000 »	A peine coloré	»	»

Les échantillons teints à chaud restent plus foncés, en général, après lavage, que les échantillons teints à froid.

En opérant dans un milieu autre que l'eau, j'ai obtenu avec le coton (lavé à l'eau après teinture) :

1 partie $PbCrO^4$	Eau.	Alcool.	Benzène.
Pour 50 parties de liq.....	Jaune assez foncé	Jaune clair	Jaune assez foncé
» 4000 »	A peine coloré	Incolore	Incolore

Les trois textiles expérimentés donnent avec le benzène (les lavages étant faits avec l'eau après teinture) :

1 partie $PbCrO^4$ pour	Coton.	Laine.	Soie.
20 parties C^6H^6....	Jaune assez foncé	Jaune assez foncé	Jaune assez foncé

Les colorations sensiblement égales des trois textiles sont à peu près la moitié de celles qu'on obtient avec l'eau, dans les mêmes conditions.

Conductibilités électriques. — J'ai mesuré l'intensité d'un courant électrique déterminé, passant dans une longueur constante des bains de chromate.

	Température.	Intensités en milliampères.
Électrodes réunies par un fil de cuivre......		50,0
Eau distillée..............................	°	1,4
$PbCrO^4$, 2 pour 100 dans l'eau............	18	15,0
» »	80	24,0
» 5 »	17	20,0
» »	80	32,0
» 2 pour 100 dans le benzène.......	17	0,0
» 5 »	17	0,0

Conclusions. — Le chromate de plomb précipité teint également bien la soie, la laine et le coton; à ce titre, il diffère complètement, pour les conditions de fixation, des matières colorantes solubles, orangé II, acide picrique, roccelline, et aussi des acides et des bases, dont j'ai étudié l'absorption par les différents textiles (*Comptes rendus*, 10 février et 23 avril 1890, 15 octobre 1906, 14 juin 1907, 29 mars 1909).

Il faut, en outre, une proportion beaucoup plus grande de matière colorante, avec le chromate de plomb, qu'avec les matières colorantes solubles, pour obtenir une nuance donnée.

Le chromate de plomb ne se fixe pas *chimiquement* sur les textiles, puisque les fonctions chimiques des textiles sont indifférentes relativement à cette fixation. C'est sans doute en vertu de l'attraction s'exerçant à très petite distance entre les molécules (au sens physique) de tous les corps et indépendamment de leur fonction chimique, que cette fixation a lieu. Cette attraction moléculaire est aussi la cause des phénomènes de cohésion, adhésion, frottement, capillarité, viscosité, tension superficielle, etc.

Il faut observer, du reste, que les textiles (voir *Comptes rendus*, 4 juillet 1898) se comportent physiquement comme des corps poreux, et que le chromate de plomb en suspension dans l'eau est assimilable, par la dimension de certaines de ses particules, aux granules ou micelles des colloïdes en fausses solutions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Bipropargyle, dérivé magnésien, acide octadiinedioïque.* Note de MM. **Lespieau** et **Vavon**, présentée par M. Haller.

L'oxydation des précipités cuivreux fournis par les corps acétyléniques permettant d'obtenir les composés renfermant le groupe

$$-C \equiv C - C \equiv C -,$$

un certain nombre de ceux-ci a déjà été préparé, et l'on commence à connaître leurs propriétés.

Ce sont les seuls corps biacétyléniques connus si l'on en excepte le bipropargyle; or, étant donnée la constitution de ce carbure, il était à prévoir qu'il fournirait un dérivé dimagnésien et qu'à partir de ce dérivé on pourrait atteindre des composés nouveaux caractérisés par la présence dans leurs molécules du groupement

$$-C\equiv C-CH^2-CH^2-C\equiv C-.$$

Nous avons vérifié ces prévisions.

Le bipropargyle dont nous nous sommes servis fondait à $-6°$, nombre déjà donné par M. Griner. Ce corps, dans un flacon bouché par du liège, s'altère assez vite; au bout de quelques jours, il ne distille plus totalement quand on le chauffe au bain-marie, et si l'on porte alors la température à 110°-120° une violente explosion se produit, le ballon dans lequel on opère est pulvérisé, quand bien même il n'y serait resté que deux gouttes de liquide.

En attaquant le précipité cuivreux du bipropargyle par de l'iode en excès, nous sommes arrivés au composé hexaiodé

$$CI^2=CI-CH^2-CH^2-CI=CI^2,$$

qu'on purifie par cristallisation dans le pétrole d'abord, dans le sulfure de carbone ensuite; il fond à 155°-156° (analyse : I pour 100, trouvé 90,64).

La préparation d'un dérivé dimagnésien, suivie d'une fixation d'anhydride carbonique, en utilisant la technique habituelle, n'a pas offert de difficultés spéciales. Il en est résulté un acide nouveau répondant à la formule

$$CO^2H-C\equiv C-CH^2-CH^2-C\equiv C-CO^2H.$$

Cet acide octadiinedioïque est soluble dans l'éther, l'alcool, l'acétone; le benzène, même bouillant, ne le dissout presque pas. On le purifie en utilisant la cristallisation qui se produit quand on laisse refroidir ses solutions dans l'eau chaude. Chauffé dans un tube capillaire au bain d'acide sulfurique, il fond à 190° avec décomposition. Cet acide paraît beaucoup plus stable que l'acide hexadiinedioïque de Bæyer, lequel rougit à l'air et fait violemment explosion vers 177°.

La formule brute de l'acide que nous avons obtenu est indiquée par l'analyse (trouvé : $C=57,68$; $H=3,67$) et par un titrage alcalimétrique (potasse en présence de phtaléine) : le poids moléculaire donné par ce titrage, en admettant que le corps soit un biacide, a été trouvé égal à 166, ce qui est le nombre théorique. Par évaporation, on retrouve cristallisé le sel bipotassique ainsi préparé.

La cryoscopie dans l'acide acétique a offert des difficultés inusitées : quand cesse la surfusion des solutions employées, la température remonte avec une extrême lenteur, aussi la précision des mesures s'en ressent-elle; les meilleures observations ont fourni le nombre 152.

Quant à la constitution de l'acide, elle découle : 1° de son mode de formation; 2° du fait que, par hydrogénation, il se transforme intégralement en acide subérique. L'amalgame de sodium, le sodium et l'alcool absolu, l'acide iodhydrique nous ont donné soit des résultats nuls, soit des destructions; par contre, le platine employé comme l'a indiqué Willstätter à propos de l'hydrogénation du phytol, a fourni l'acide subérique quantitativement : on a dissous 4^g d'acide acétylénique dans un mélange d'éther et d'alcool additionné de noir de platine de Löw, puis on a fait passer dans le liquide de l'hydrogène pendant 4 jours; on a alors évaporé le solvant et trouvé des cristaux fondant déjà de 128° et 140°; dissous dans l'eau chaude, ils ont laissé déposer par refroidissement de l'acide subérique pur fondant à 138°-140° (analyse : $C = 55,29$; $H = 8,29$).

Afin d'identifier plus nettement encore ce produit avec l'acide subérique, nous avons fait son sel de calcium. Arppe, puis plus tard Ganther, ont indiqué que le sel diammonique de l'acide subérique précipite les solutions de chlorure de calcium en donnant un sel répondant à la formule

$$C^8H^{12}O^4Ca + H^2O.$$

Or, l'acide auquel nous sommes parvenus en hydrogénant l'acide octadiine-dioïque donne un sel ammoniacal précipitant le chlorure de calcium. L'analyse du précipité cristallin obtenu desséché à l'air a fourni les nombres suivants : eau de cristallisation perdue à 110°, 7,79; calcium, 17,08 pour 100. Ces nombres sont en accord avec la formule

$$C^8H^{12}O^4Ca + H^2O$$

qui exigerait 7,82 et 17,39.

BOTANIQUE. — *Sur les échanges gazeux respiratoires des organes végétatifs aériens des plantes vasculaires.* Note de M. G. **Nicolas**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Mes recherches antérieures (¹) ont montré que le limbe se distinguait nettement des autres organes végétatifs aériens (tige, pétiole, etc.) des plantes

(¹) *Comptes rendus*, mai 1907, février 1908.

vasculaires, par l'énergie des oxydations dont il est le siège, et par la valeur moindre des rapports $\frac{CO^2}{O}$ et $\frac{I}{N}$. J'ai pensé que cette physiologie respiratoire particulière était sans doute en relation avec les facilités spéciales que cet organe offre à la circulation des gaz, en raison de la grande surface des nombreux stomates et des lacunes plus développées qu'il présente. Cette question n'a été abordée qu'au point de vue de l'énergie respiratoire par Mangin ([1]), qui constate que l'obstruction d'une partie ou de la totalité des stomates, par la gélatine glycérinée à 10 pour 100 (fusible à 30°), provoque une diminution de l'intensité respiratoire.

J'ai employé, dans toutes mes expériences, la méthode de l'atmosphère confinée; les analyses de gaz ont été faites avec l'appareil de Bonnier et Mangin.

M'étant d'abord servi, pour recouvrir les feuilles, de gélatine glycérinée (15g de gélatine, 30cm³ d'eau, 60g de glycérine), j'ai constaté que cette substance exerçait sur la respiration une influence excitante. L'expérience suivante est des plus concluantes à ce sujet. Un limbe de *Citrus Aurantinus* a été placé à l'obscurité dans un volume connu d'air normal, pendant 1 heure, puis gélatiné à la face inférieure et replacé dans les mêmes conditions que précédemment. L'intensité respiratoire, mesurée par l'oxygène absorbé par 1g de poids frais en 1 heure, a été égale, dans le premier cas, à 0,1647, et, dans le deuxième, à 0,2444. De plus, les feuilles gélatinées présentent souvent, à la fin de l'expérience, une coloration jaunâtre et un état de dessiccation plus ou moins prononcé. J'ai dû renoncer à utiliser la gélatine glycérinée, ainsi que la végétaline, qui, elle aussi, provoquait une excitation de la respiration, et, d'une manière générale, les substances, qu'il est nécessaire de rendre liquides avant leur emploi, et qui pénètrent plus facilement dans les tissus que les substances solides, et je me suis servi de vaseline ordinaire.

Il faut avoir soin, avant de placer les feuilles dans l'atmosphère confinée, de les exposer, pendant 2 à 3 heures, à l'obscurité. Le gaz carbonique est retenu, en effet, au début, à l'intérieur des tissus, par suite de la résistance qu'il éprouve à franchir la face de la feuille gélatinée ou vaselinée, et le débit normal de son dégagement ne s'établit qu'au bout de quelque temps, lorsque le suc cellulaire en est suffisamment saturé. L'expérience suivante montre nettement, par la baisse du rapport $\frac{CO^2}{O}$ de la feuille recouverte de gélatine, la rétention de l'acide carbonique.

Ainsi, dans le *Psidium sinensis*, les quotients respiratoires des limbes non gélatinés et des limbes gélatinés, mis en expérience *immédiatement*, sont respectivement égaux à 0,755 et à 0,624; au contraire, après un séjour de 3 heures *à l'obscurité*, $\frac{CO^2}{O}$ est égal, pour les premiers, à 0,780, et, pour les deuxièmes, à 0,863. De même, dans le *Sophora secundiflora*, dans l'expérience immédiate, les limbes non vaselinés et les

([1]) *Comptes rendus*, t. CV, 1887.

limbes vaselinés ont des quotients $\frac{CO^2}{O}$ égaux à 0,777 et à 0,522, et, après 3 heures à l'obscurité, à 0,846 et à 0,908.

Les causes d'erreurs précédentes étant éliminées, voici la manière dont j'opérais :

Sur un rameau coupé dans la matinée, après avoir choisi deux ou plusieurs feuilles, aussi identiques que possible, je recouvrais la face inférieure de l'une ou de plusieurs d'entre elles d'une couche de vaseline, et je plaçais le tout à l'obscurité, l'extrémité de la tige plongeant dans l'eau pendant 2 à 3 heures. Au bout de ce temps, je détachais successivement les limbes laissés intacts (A), puis les limbes vaselinés (B) et exposais chacun des lots A et B, à l'obscurité, dans un volume connu d'air atmosphérique, saturé d'humidité pendant le même temps, pour étudier leur respiration normale. Dans les expériences qui ont porté sur la respiration intramoléculaire, je procédais de même, mais je divisais chacun des lots A et B en deux portions, *a* et *a'*, *b* et *b'*, et je plaçais, par exemple, *a* et *b*, dans de l'air normal, *a'* et *b'* dans une atmosphère d'hydrogène. Voici les principaux résultats obtenus [les intensités respiratoires normale (N) et intramoléculaire (I) ont été évaluées par la quantité de CO^2 dégagé en 1 heure par 1^g de poids frais] :

	Limbes non vaselinés.				Limbes vaselinés à la face intérieure			
	Int. resp. (oxygène).	$\frac{CO^2}{O}$.	I.	$\frac{I}{N}$.	Int. resp. (oxygène).	$\frac{CO^2}{O}$.	I.	$\frac{I}{N}$.
Pirus communis.....	0,218	0,93	0,118	0,56	0,140	1	0,093	0,65
Nerium Oleander...	0,114	0,83	0,075	0,99	0,064	0,94	0,082	1,19
Viburnum Tinus....	0,068	0,79	»	»	0,055	0,88	»	»
Raphiolepis ovata...	0,062	0,69	»	»	0,050	0,78	»	»
Metrosideros bera...	0,063	0,60	0,072	0,96	0,040	0,70	0,070	1,31
Psoralea bituminosa.	0,234	0,76	0,068	0,38	0,212	0,78	0,075	0,45
Ceratonia siliqua...	0,116	0,77	0,114	1,25	0,092	0,78	0,1141	1,58
Celastrus edulis.....	0,187	0,87	0,077	0,47	0,145	0,96	0,087	0,62

On voit immédiatement que les limbes foliaires, recouverts de vaseline, présentent, relativement aux limbes normaux, *une énergie respiratoire plus faible et des quotients* $\frac{CO^2}{O}$ *et* $\frac{I}{N}$ *plus élevés,* c'est-à-dire *les mêmes différences* qui distinguent le limbe de la feuille des autres organes végétatifs aériens (tige, pétiole, etc.). Or, il est à remarquer que les limbes recouverts de vaseline, chez lesquels les échanges gazeux sont entravés, se trouvent, à ce point de vue, dans des conditions analogues à celles de la tige et du pétiole, où le passage du gaz s'effectue bien moins facilement que dans les limbes. On peut se rendre compte de ce fait en étudiant, par la méthode des pesées, la transpiration comparée de ces différents organes et des limbes vaselinés.

J'ai constaté ainsi, en opérant à l'obscurité, sur 14 espèces, que l'émission de vapeur d'eau de la tige et du pétiole (rapportée à l'unité de poids), comparée à celle du limbe, varie dans les rapports extrêmes de $\frac{1,7}{100}$ à $\frac{52,7}{100}$, et une étude semblable, faite sur des limbes ordinaires et sur des limbes recouverts de vaseline à leur face inférieure, m'a montré, dans le deuxième cas, une diminution de la transpiration dans des proportions analogues.

Ces expériences montrent bien qu'au point de vue des échanges gazeux, le limbe se distingue des autres organes (tige, pétiole, etc.) par les mêmes caractères qui distinguent les limbes ordinaires des limbes vaselinés, c'est-à-dire par une supériorité considérable dans la facilité de pénétration et de circulation des gaz; il est donc naturel de considérer ce facteur comme l'un des plus importants de ceux qui contribuent à assurer à cet organe sa physiologie respiratoire spéciale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la présence des corps indologènes dans les bouillons de culture.* Note de MM. **Ch. Porcher** et **L. Panisset**, présentée par M. A. Chauveau.

La production d'indol en cultures liquides est, à l'heure actuelle, classiquement considérée comme un caractère chimique de différenciation des bactéries, auquel on attache d'autant plus d'importance qu'il s'agit de comparer des espèces microbiennes voisines.

Sans discuter aujourd'hui sur la valeur qu'il convient, en réalité, de lui attribuer, nous allons montrer de quelles précautions il faut s'entourer pour éviter une erreur possible lors de la recherche de l'indol dans les bouillons de culture.

Cette recherche, ainsi que nous l'avons déjà dit (*Soc. de Biol.*, t. LXVI, 24 avril 1909, p. 624), « est avant tout subordonnée à l'opération préliminaire qui consiste à séparer l'indol du bouillon microbien ». Dans ces conditions, en effet, la caractérisation de l'indol à l'aide de ses réactions de coloration ne sera nullement gêné par les matières étrangères qui coexistent avec ce composé dans le bouillon; celui-ci, toujours peptoné, est déjà de ce fait teinté en jaune un peu brun, ce qui rend malaisé l'appréciation des tons rose saumon ou roses que donnent la réaction des nitrites, la réaction à la vanilline. Il faut savoir également que le réactif d'Ehrlich (*p*-diméthylaminobenzaldéhyde et acide chlorhydrique) donne avec toutes les substances protéiques tryptophaniques (la peptone est de ces dernières) des teintes roses, rouges, ou même violacées qui se fondent graduellement les unes dans les autres et entre lesquelles

il serait difficile, sinon impossible, de reconnaître celle qui revient à l'indol lui-même dans le cas où la culture contiendrait de celui-ci.

L'extraction de l'indol des bouillons microbiens est basée sur deux propriétés physiques de ce composé : 1° sa grande solubilité dans l'éther; 2° sa volatilité dans un courant de vapeur d'eau.

Lorsqu'on effectue l'extraction à l'éther directement sur la culture, le dissolvant organique se rassemble en formant le plus généralement une émulsion très épaisse, pâteuse, que la centrifugation et l'addition de quelques gouttes d'alcool arrivent assez aisément à disloquer.

Toutefois, il peut paraître plus élégant, en même temps que tout aussi rigoureux, d'entraîner d'abord l'indol à la distillation, avec ou sans courant de vapeur d'eau, et de le faire passer ensuite dans l'éther par agitation du distillat aqueux avec ce dissolvant. Mais quand on opère ainsi avec des cultures, qui cependant ne cèdent aucune trace d'indol à l'éther, *on obtient un distillat qui renferme de l'indol.* Ce dernier dérive de l'acide indol-carbonique que contiennent les cultures en question, lequel acide, très instable, s'est décomposé à la distillation en indol et acide carbonique.

La méthode physique d'extraction de l'indol des cultures, basée sur la facile volatilité de ce corps dans un courant de vapeur d'eau, se complique donc d'un processus chimique de décomposition de l'acide indolcarbonique avec mise en liberté d'indol; par suite, elle est à rejeter en dépit de son apparente rigueur.

Le staphylocoque doré, la bactéridie charbonneuse, *Bac. Enteridis* Gärtner, certaines variétés de *Bac. Fœcalis,* pour ne citer que quelques-uns des microbes qui font l'objet de nos recherches, donnent ainsi de l'indol quand on distille leurs cultures.

Le choléra des poules, dont les cultures ne contiennent de l'indol qu'aux environs du quinzième jour (Ch. Porcher et L. Panisset), produit bien avant cette date des composés indologènes.

L'observation que nous venons de faire nous paraît très générale et s'étend aux microbes producteurs d'indol eux-mêmes (*B. coli,* par exemple); les cultures, en effet, débarrassées de leur indol par des agitations répétées avec de l'éther, fournissent à nouveau de l'indol quand on les distille.

Cette production d'indol est d'ailleurs aussi lente que prolongée; au bout de la dixième heure (on ajoute de l'eau pour remplacer celle qui passe), le distillat contient toujours de l'indol.

L'existence des corps indologènes dans les cultures est expliquée par ce fait que la décomposition microbienne du tryptophane, qui, comme on le sait, est le groupement générateur de l'indol dans les matières protéiques, est graduelle. Avant d'en arriver au terme le plus simple, l'indol, elle

fournit une série de composés intermédiaires, dont l'acide indolcarbonique. Il y a des bactéries qui arrêtent à ces derniers la décomposition du tryptophane; d'autres la poussent plus loin : ce sont ceux qui produisent de l'indol.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du ferment bulgare sur divers sucres.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **F. Duchàček**, présentée par M. Roux.

Le ferment du *Yoghourt*, ou lait caillé de Bulgarie, dont l'emploi en hygiène alimentaire et même en thérapeutique a pris une place si intéressante depuis les travaux de Metchnikoff et de plusieurs de ses élèves, est un agent de transformation du lactose extrêmement actif. Lorsqu'on l'ensemence à l'état pur dans du lait de vache stérilisé, maintenu à l'étuve, il fait disparaître en quelques jours presque toute la matière sucrée.

Voici, d'après les recherches publiées par l'un de nous en collaboration avec G. Weisweiller (¹), comment a lieu cette disparition :

Sous l'influence d'une diastase non encore isolée, mais dont l'action est très manifeste, le lactose subit d'abord un dédoublement hydrolytique. Du glucose et du galactose prennent naissance, qui sont ensuite transformés en un mélange d'acide lactique droit et d'acide lactique gauche, mélange dans lequel le premier acide prédomine.

A côté de ces acides, dont la quantité peut atteindre le chiffre relativement considérable de 25g par litre, il apparaît un peu d'acide succinique, environ un demi-gramme, à peu près autant d'acide acétique, enfin de très petites quantités d'acide formique.

On ne trouve pas, comme cela arrive quelquefois avec d'autres microbes, d'alcool, d'acétone, d'acéthylméthylcarbinol, ni de butylèneglycol.

Le ferment bulgare se caractérise donc, au point de vue biochimique, par une grande puissance de fermentation, par la simplicité relative des transformations qu'il fait subir au lactose, par la prédominance surtout, parmi ces transformations, de celles qui correspondent à la production des acides lactiques. On peut le considérer, par suite, comme un type extrêmement favorable à l'étude de la fermentation lactique, c'est-à-dire d'un mode de destruction naturelle du sucre très important, observé à la fois chez beaucoup d'espèces microbiennes et chez un grand nombre d'animaux de toutes sortes.

Nous avons étudié, dans ce travail, l'action que le ferment bulgare exerce sur les principaux représentants du groupe des sucres.

(¹) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XX, 1906, p. 977-990, et *Annalen der Chemie*, t. CCCLI, 1906, p. 486-503.

Nous avons examiné successivement des sucres appartenant aux trois groupes principaux des sucres réducteurs non hydrolysables ou glucoses, des sucres hydrolysables ou saccharoses, et des sucres purement alcooliques ou mannites.

Parmi les sucres du premier groupe, nous avons essayé deux pentoses $C^5H^{10}O^5$: l'arabinose et le xylose, et cinq hexoses $C^6H^{12}O^6$: le glucose, le mannose, le galactose, le lévulose et le sorbose. Les pentoses et les trois premiers hexoses sont à fonction aldéhydique : $CH^2OH-(CHOH)^n-CHO$; les deux derniers sont à fonction cétonique : $CH^2OH-(CHOH)^n-CO-CH^2OH$.

Ces sucres, tout à fait purs, ont été introduits à la dose de 2 à 4 pour 100 dans un milieu nutritif spécial préparé avec une décoction de germes desséchés de malt à laquelle on ajoutait 1 pour 100 de peptone Chapoteau et 3 pour 100 de carbonate de calcium. Après stérilisation à $+120°$ pendant un quart d'heure, on a ensemencé avec une culture très active et cultivé à la température de $+32°$.

Parmi les sucres hydrolysables, nous avons pris le lactose et le maltose, dans lesquels il y a encore une fonction aldéhydique libre, et le saccharose, qui en est dépourvu.

Enfin, comme sucre purement alcoolique, nous avons choisi la mannite.

Après un temps convenable de séjour à l'étuve, compris, suivant les expériences, entre un jour et plusieurs semaines, on filtrait la culture et, après avoir lavé le précipité, on dosait, d'une part, le carbonate de calcium insoluble, d'autre part le sucre resté dans la liqueur. Quand il y avait fermentation, la quantité de carbonate dissoute par l'acide lactique correspondait théoriquement à la quantité de sucre disparue. Quand, au contraire, il n'y avait pas fermentation, on retrouvait à la fois la totalité du sel calcaire et du sucre introduit dans le liquide.

Les sucres suivants se sont montrés infermentescibles :

1° L'arabinose, le xylose, le sorbose ;

2° Le maltose, le saccharose ;

3° La mannite.

Au contraire, le glucose, le mannose, le galactose, le lévulose et le lactose ont été facilement transformés par le microbe.

Les produits de la transformation sont les mêmes avec toutes les espèces de sucres fermentescibles ; on y trouve, à côté d'une grande quantité d'acides lactiques, droit et gauche, une très petite proportion d'acides volatils, formique et acétique, et d'un acide fixe, l'acide succinique. A ce point de vue, les fermentations en milieux artificiels rappellent tout à fait celle du lait [1].

Il apparaît toutefois une différence, d'ordre quantitatif, quand on exa-

(1) Un Mémoire détaillé sera publié dans un autre Recueil.

mine les proportions des acides lactiques : dans le cas des fermentations artificielles, il y a exactement autant d'acide droit que d'acide gauche, et le mélange acide reste sans action sur le plan de la lumière polarisée ; dans le cas du lait, il y a eu, au contraire, un peu moins d'acide gauche, et le mélange extrait de la culture est dextrogyre.

Il est probable qu'au début des cultures, l'action biochimique du microbe sur les sucres fermentescibles est absolument comparable à celle qu'exerceraient sur eux certains réactifs chimiques, tels que les alcalis : les sucres sont transformés en un mélange à parties rigoureusement égales d'acide droit et d'acide gauche. Seulement, tandis que ce mélange subsiste dans les milieux artificiels, une partie de l'acide gauche, ou bien des deux acides à la fois, mais alors du gauche plus vite que du droit, disparaît dans le milieu naturel. Le microbe trouve peut-être dans l'extrait de germes de malt peptoné une substance plus nutritive que l'acide lactique ; après avoir profité de l'énergie mise en liberté dans la décomposition du sucre, il utiliserait cette substance de préférence à l'acide organique.

Au point de vue des diastases saccharo-hydrolytiques, on peut ajouter enfin que le ferment bulgare ne produit ni sucrase, ni maltase, de sorte qu'il ne peut s'attaquer ni au saccharose, ni au maltose ; il produit seulement de la lactase sous la forme endocellulaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de l'acide borique sur les actions diastasiques.* Note de M. **H. Agulhon**, présentée par M. Roux.

L'étude de l'influence des acides sur les actions diastasiques a déjà fait l'objet de nombreuses recherches. Les récents travaux de Maquenne et Roux, puis de Fernbach et Wolf pour l'amylase, de G. Bertrand pour la laccase, qui limitent la réaction optima des milieux à la neutralité au méthylorange, la remettent à l'ordre du jour. Il m'a paru intéressant d'étudier de façon systématique l'action de l'acide borique sur les phénomènes diastasiques. Par la force de sa fonction acide il se place à côté des phosphates mono-alcalins; il répond à la double règle établie par G. Bertrand pour les corps inactifs sur la laccase [1] : la saturation par la soude de son premier hydrogène dégage seulement $11^{Cal},6$, et il est neutre à l'hélianthine.

A peu près tout ce qui est connu à l'heure actuelle de l'action de l'acide borique sur les diastases a trait à son inactivité sur la pepsine [2], la sucrase [3], la laccase [1], les

(1) G. Bertrand, *Influence paralysante exercée par certains acides sur la laccase* (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXI, p. 657).

(2) Petit, *Recherches sur la pepsine*. Thèse, Paris, 1880.

(3) Duclaux, *Traité de Chimie biologique*, p. 181.

peroxydiastases (¹); Duclaux (²) avait signalé une action paralysante sur la coagulation du lait par la présure, et Gerber (³) trouva l'an dernier des résultats inverses : il constate une action favorisante sur la coagulation du lait.

Voici les résultats que j'ai obtenus au cours de mes expériences :

Les diastases hydrolysantes des hydrates de carbone, des glucosides et des matières protéiques agissent encore en présence d'acide borique à saturation à froid. Quelle que soit la dose de cet acide ajoutée, l'empois d'amidon est attaqué, avec la même rapidité, par les *amylases végétales* (du malt, du blé germé, du blé non germé) aussi bien en ce qui concerne sa liquéfaction qu'en ce qui concerne sa transformation en sucre réducteur. La *papaïne* et la *pepsine* ne sont pas plus gênées par des doses élevées d'acide borique dans la digestion de la fibrine. Pour la *pepsine*, à aucune dose cet acide ne peut servir de complémentaire activante; il ne peut remplacer la quantité d'acide fort nécessaire au fonctionnement de la diastase. Pour la *sucrase*, l'*amylase pancréatique*, l'*émulsine* et la *trypsine*, il m'a été possible d'établir une courbe de l'action de l'acide borique. Le point maximum de cette courbe se trouve situé très haut pour la *sucrase* : 12^{g} par litre dans le cas de la sucrase d'*Aspergillus niger*. Ceci n'a rien d'étonnant, cette diastase ayant une activité maxima pour des doses d'acide fort très appréciables (⁴). On aperçoit ainsi très peu la portion descendante de la courbe dans le cas de cette diastase. Il n'en est plus de même pour les trois autres. Pour l'*amylase pancréatique* et la *trypsine*, la dose optima d'acide borique correspond à une concentration de 0^{g},5 par litre. Pour l'*émulsine*, la concentration optima est plus faible : 0^{g},1 par litre. Dans l'attaque de l'amygdaline par l'émulsine, la formation de HCN et celle du glucose varient dans les mêmes proportions avec la dose d'acide borique, c'est-à-dire que cet acide influence également la double action diastasique de l'émulsine. L'emploi de l'hélianthine comme indicateur ne nous permet pas de voir de différence entre les essais qui sont dans la portion ascendante des courbes et ceux qui se trouvent dans la portion descendante; l'alizarine sulfoconjuguée ou acide alizarinesulfonique, au contraire, montre après l'optimum un changement de coloration : avant celui-ci, teinte rose, après teinte jaune bis; le point maximum

(¹) G. Bertrand et Mlle Rozenband, *Action de quelques acides sur les peroxydiastases* (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. V, 1909, p. 296).

(²) *Microbiologie*, t. II, p. 377.

(³) Gerber, *Action accélératrice de certains paralysants classiques des présures II. Acide borique* (*Comptes rendus Société de Biologie*, t. LXIV, 1908, p. 1178).

(⁴) A. Fernbach, *Recherches sur la sucrase*, Thèse, Paris, 1890.

est, pour la teinte neutre à l'alizarine, entre le rose et le jaune bis; on fixera ainsi plus exactement la réaction optimale en disant qu'elle est la neutralité à l'alizarine sulfoconjuguée. Cet indicateur coloré est tout à fait recommandable pour ce genre d'études, tant pour sa sensibilité qu'à cause de la quadruple coloration, jaune, jaune bis, rose, violet, qu'il peut donner suivant les milieux, colorations dues à la formation de la triple série de ses sels.

La saponification de l'huile de ricin par la pulpe broyée des graines de cette plante (*lipodiastase*) est fortement paralysée par la présence d'acide borique. On sait cependant que la lipodiastase n'agit qu'après une notable acidification du milieu. En présence de la dose optima d'acide fort, une dose moléculairement équivalente d'acide borique suffit pour faire varier du double au simple la quantité d'acides gras mis en liberté. L'action de l'acide borique porte-t-elle sur le phénomène diastasique lui-même, ou bien cet acide agit-il sur le protoplasma pour empêcher le passage de la diastase? On ne saurait le dire à l'heure actuelle, la lipodiastase très sensible, n'ayant pu jusqu'à présent être préparée séparée des particules cellulaires.

Les phénomènes de coagulation diastasiques sont activés par la présence d'acide borique. Pour la coagulation du lait par la *présure,* j'ai obtenu des résultats analogues à ceux de Gerber. De plus, l'acide borique s'est montré favorable à la coagulation pectique et à la coagulation des mélanines dans l'action de la *tyrosinase* sur la tyrosine. Dans ces trois cas, à la vérité, l'influence exercée par l'acide borique ne semble pas porter sur le phénomène diastasique lui-même, qui dédouble la caséine dans le cas de la présure, transforme la pectine en acide pectique dans celui de la *pectase,* oxyde la tyrosine dans celui de la *tyrosinase.* Elle porte sur le phénomène annexe de coagulation des produits formés et agit comme adjuvant des sels de calcium; son action est probablement d'ordre physique et il faut la rapprocher des phénomènes d'*adhésion moléculaire* par lesquels Duclaux explique les phénomènes de coagulation. C'est ce que des expériences qualitatives m'ont permis de voir pour le cas de la présure, et j'ai pu, pour celui de la tyrosinase, réaliser des dosages de matière mélanique, grâce auxquels je puis affirmer que l'acide borique est sans action sur le phénomène d'oxydation, même pour des doses de 30^g par litre. Il se contente de favoriser la coagulation et le dépôt de la mélanine.

L'acide borique entrave la décomposition de l'eau oxygénée par la *catalase* extraite de la panne fraîche de porc, mais dans des limites assez faibles, puisque la diastase décomposante ne perd pas entièrement son activité en présence d'acide borique à saturation.

En résumé, l'acide borique n'a, sauf le cas de la lipodiastase du ricin, qu'une faible action paralysante sur les diastases; quelques-unes sont même activées pour certaines doses; pour l'une d'elles, la sucrase, cette dose activante est très élevée. Au point de vue pratique, nous pouvons voir dans ces faits une explication de la faiblesse du pouvoir antiseptique de l'acide borique.

ZOOLOGIE. — *Sur la faune ichtyologique du lac Tchad.* Note de M. **J. Pellegrin**, présentée par M. E. Perrier.

La faune ichtyologique des eaux douces africaines présente une grande homogénéité. Sauf les parties situées au nord de l'Atlas et qui se rattachent à la faune sud-ouest de l'Europe, elles constituent dans leur ensemble une région spéciale, la région éthiopienne, de la zone équatoriale cyprinoïde du Dr A. Günther.

Les Poissons qui habitent les principaux fleuves africains tropicaux : Nil, Niger, Sénégal, Ogôoué, Congo offrent entre eux des rapports remarquables et plusieurs espèces ont une distribution des plus vastes se rencontrant à la fois dans plusieurs de ces vastes cours d'eau. Cependant dans certains grands lacs profonds comme le Tanganyika, le Victoria Nyanza, la population ichtyologique très dense présente, tout en se rattachant à l'ensemble général, un assez grand nombre de types particuliers leur donnant une physionomie spéciale. C'est ainsi qu'en ce qui concerne le Tanganyika, dans une liste récente donnée par G.-A. Boulenger (¹) et comprenant 115 espèces réparties en 48 genres, 99 espèces et 21 genres sont exclusivement propres à ce lac.

On pouvait se demander s'il en était ainsi pour le lac Tchad et ses tributaires. Les Poissons du lac Tchad ne sont connus que depuis peu d'années. Le Dr Fournier, attaché à la mission Foureau-Lami, n'ayant recueilli que quelques notes et dessins, c'est au regretté Dr Decorse, de la mission Auguste Chevalier, que revient l'honneur d'avoir rapporté les premiers exemplaires du Tchad et du Chari. J'en ai donné en 1904 (²) une liste comprenant 40 espèces. Parmi celles-ci trois seulement étaient spéciales au Tchad : un Mormyridé, l'*Hyperopisus tenuicauda* Pellegrin; un Cyprinidé, le *Labeo chariensis* Pellegrin; un Siluridé, le *Synodontis Courteti* Pellegrin.

M. Boulenger (³) publia peu après une petite liste de Poissons récoltés également dans le Tchad et le Chari et offerts au British Museum par le capitaine Gosling. Sur les 23 espèces citées, une dizaine figurent déjà dans les collections Chevalier.

(¹) *Tr. Zool. Soc. Lond.*, 6e série, t. XVII, 1906, p. 537.

(²) *Bull. Mus. Hist. nat.*, 1904, p. 309, et *C. R. 6e Congr. Zool.*, Berne, 1904, p. 605.

(³) *Pr. Zool. Soc. Lond.*, 1905, p. 151.

Le Dr Gaillard, qui faisait partie de l'expédition du capitaine Tilho a rassemblé en 1908, dans le Tchad même et la rivière Komadougou qui se jette sur la rive Ouest, un nouveau lot de Poissons, qui vient d'être reçu par le Muséum de Paris et dont on trouvera ci-dessous la liste :

POLYPTERIDÆ : *Polypterus senegalus* Cuv.

MORMYRIDÆ : *Marcusenius Gaillardi* nov. sp., *Gnathonemus senegalensis* Steind., *Mormyrus Hasselquisti* C. V., *M. Jubelini* C. V., *Hyperopisus bebe* Lacép., *Gymnarchus niloticus* Cuv.

OSTEOGLOSSIDÆ : *Heterotis niloticus* Cuv.

CHARACINIDÆ : *Hydrocyon Forskali* Cuv., *H. brevis* Gthr., *Alestes baremose* Joann., *A. dentex* L., *A. nurse* Rüpp., *Distichodus brevipinnis* Gthr., *D. rostratus* Gthr., *Citharinus citharinus* Geoffr.

CYPRINIDÆ : *Labeo coubie* Rupp., *L. senegalensis* C. V.

SILURIDÆ : *Clarias lazera* C. V., *C. anguillaris* L., *Heterobranchus bidorsalis* I. Geoffr., *Eutropius niloticus* Rüpp., *Schilbe mystus* L., *Bagrus bayad* Forsk., *Chrysichthys auratus* I. Geoffr., *Gephyroglanis Tilhoi* nov. sp., *Auchenoglanis occidentalis* C. V. var. *tchadiensis* nov. var., *Synodontis schall* Bl. Schn., *S. sorex* Gthr., *S. clarias* L., *S. batensoda* Rüpp., *Malopterurus electricus* Gm.

SERRANIDÆ : *Lates niloticus* Hasselq.

CICHLIDÆ : *Astatotilapia Desfontainesi* Laup., *Tilapia nilotica* L., *T. galilæa* Art., *T. Zillei* Gerv.

Sur ces 37 espèces rapportées du Tchad par la mission Tilho, 3 seulement lui paraissent spéciales : le *Marcusenius Gaillardi*, le *Gephyroglanis Tilhoi*, et une variété nouvelle l'*Auchenoglanis occidentalis* var. *tchadiensis* [1].

Si l'on tient compte, en outre, des données fournies par les deux envois précédents, de la mission Chevalier et du capitaine Gosling, on voit que sur les 65 Poissons actuellement signalés dans le Tchad et ses affluents, 43 se rencontrent également dans le Nil, 40 dans le Niger, 37 dans le Sénégal, 19 dans le Congo, 5 dans le Zambèze ou l'Afrique australe, 6 seulement lui sont particuliers.

Les conclusions qu'on en peut tirer, c'est que la faune ichtyologique du Tchad offre des affinités très grandes et à peu près égales avec celle des grands bassins environnants : Nil, Niger, Sénégal, qu'elle présente déjà des rapports moins marqués avec celle du Congo, qu'enfin elle possède très peu de formes communes avec le Zambèze et l'Afrique australe, d'ailleurs remarquables par leur pauvreté.

Ces faits s'expliquent facilement par les communications nombreuses de

---

[1] Ces trois formes seront décrites au *Bulletin du Muséum*.

date récente et même existant encore actuellement entre le Tchad ou ses tributaires et les bassins voisins.

De plus, l'absence de grandes profondeurs dans ce vaste marigot a empêché également la spécialisation sur place, à l'inverse de ce qui s'est produit dans des lacs extrêmement profonds et depuis très longtemps isolés comme le Tanganyika, par exemple.

GÉOLOGIE. — *Caractères stratigraphiques des nappes des Alpes françaises et suisses.* Note (¹) de M. **Émile Haug**, présentée par M. Michel Lévy.

Le moment est peut-être venu où l'on peut tenter, pour l'ensemble des Alpes, de vérifier et de compléter par les méthodes stratigraphiques les résultats auxquels a conduit l'étude tectonique de la chaîne. Je vais indiquer sommairement, pour chacune des nappes dont l'empilement a donné naissance aux Alpes occidentales, l'étendue du charriage et la succession des facies les plus caractéristiques, en insistant particulièrement sur ceux du Jurassique et en négligeant pour le moment ceux du Crétacé supérieur et du Nummulitique. En même temps, je discuterai, pour chaque nappe, la situation des racines, en m'appuyant principalement sur des arguments stratigraphiques.

I. *Nappe du Gapençais* (E. Haug, 1891) et régions autochtones des Alpes françaises. Les charriages du bord externe de la zone du Gapençais ne possèdent qu'une extension locale. Sur une série autochtone à facies rhodanien (néritique) repose une série charriée, qui comprend les termes suivants : Trias rudimentaire; Lias calcaire, Lias schisteux (type dauphinois); Bajocien-Tithonique et Crétacé exclusivement vaseux (formations bathyales très épaisses).

Dans le soubassement autochtone de la Dent de Morcles, le Lias bathyal fait place à un Lias néritique à Gryphées. Dans le Vercors et dans la Chartreuse, le Néocomien bathyal (type provençal) passe latéralement au Néocomien néritique (type jurassien ou helvétique). Les autres termes de la série conservent les mêmes facies dans toute l'étendue des séries autochtones. Entre Bonneville et Ardon, ces terrains en place s'enfoncent sous les nappes II-V, pour ne plus reparaître.

II. *Nappe des Diablerets et massif de l'Aar.* Un véritable charriage n'a été constaté qu'au Sud-Est, le long de la Lizerne et au col de Cheville (E. Haug, 1896); sur le bord septentrional du massif de l'Aar, certainement enraciné, la couverture sédimentaire, continuation de la nappe des Diablerets, est déversée en grands plis couchés, souvent plongeants, mais sans charriage. Les facies caractéristiques sont les suivants :

(¹) Présentée dans la séance du 10 mai 1909.

Trias rudimentaire; Lias-Callovien néritiques: Oxfordien souvent absent; Argovien transgressif; Rauracien-Kimeridgien vaseux; Tithonique coralligène; Crétacé absent dans les Alpes Bernoises, rudimentaire plus à l'Est, avec Cénomanien transgressif au Piz Dartgas (Tobler, 1897).

III. *Nappes helvétiques*, au nombre de trois, chacune avec digitations multiples (M. Lugeon, 1902). Facies caractéristiques : Trias rudimentaire; Lias néritique; Bajocien-Tithonique bathyaux; Néocomien et Albien néritiques, avec facies spéciaux à chacune des trois nappes.

Les racines de ces nappes peuvent être difficilement déterminées par les méthodes stratigraphiques, car, au sud du massif de l'Aar, les terrains supérieurs au Lias ont été enlevés par dénudation. M. Heim a montré toutefois que la racine de la nappe de Glaris est une digitation du bord méridional du massif de l'Aar. Je suis porté à envisager l'anticlinal de Truns, qui fait immédiatement suite à cette digitation, comme la racine de la nappe moyenne et celui du Gothard comme la racine de la nappe supérieure.

IV. *Nappe inférieure des Préalpes* (H. Schardt, 1894; Préalpes internes et externes, M. Lugeon; nappe Fribourgeoise, Steinmann). Sur les deux bords des Préalpes apparaissent des lambeaux plus ou moins étirés d'une ou de plusieurs nappes, qui se retrouvent dans le soubassement du massif de Sulens, en Savoie. Facies caractéristiques : Trias avec grands amas de gypse et quelquefois de sel gemme; Lias inférieur et moyen calcaire, spathique ou gréseux, avec Gryphées; Lias supérieur schisteux; Bajocien et Bathonien à *Cancellophycus;* Callovien et Oxfordien marneux; Jurassique supérieur calcaire (bathyal); Néocomien à Céphalopodes; couches rouges concordantes avec le Néocomien. M. Lugeon et moi avons montré dès 1897 que les racines de la nappe inférieure de Sulens ne pouvaient pas, vu la grande similitude des facies du Jurassique supérieur, se trouver bien en arrière des affleurements autochtones de Savoie (I). Nous les avons situées dans les plis très resserrés qui constituent, derrière Beaufort, le prolongement du massif du mont Blanc. Les brèches polygéniques du Nummulitique, découvertes plus à l'Est par MM. Kilian et Révil, sont également représentées dans le soubassement de Sulens. D'autre part, M. Lugeon a pu observer la continuité des Préalpes internes, par-dessus le massif du Wildstrubel (III), avec une racine située sur la rive droite du Rhône, entre Viétroz et Sierre, c'est-à-dire rigoureusement dans le prolongement de la terminaison nord-est du mont Blanc.

V. *Nappe moyenne des Préalpes* (Préalpes médianes p. p.). C'est la nappe principale des Préalpes du Chablais et de la Suisse romande. Les *Klippen* de la Suisse centrale et les lambeaux de recouvrement des Annes et de Sulens en sont des témoins épargnés par l'érosion. Voici les facies qui la caractérisent : Trias supérieur constitué par des argilolithes rouges et vertes; Rhétien fossilifère; Lias inférieur et moyen calcaires, avec silex et Ammonites; Lias supérieur schisteux ; Bajocien et Bathonien à *Cancellophycus* et Ammonites; Callovien-Oxfordien marneux, avec Ammonites pyriteuses; Jurassique supérieur calcaire, avec Céphalopodes; Néocomien à Céphalopodes souvent absent; couches rouges sénoniennes transgressives.

La grande analogie de facies que présentent les nappes V et VI nous interdit de chercher les racines de la nappe V ailleurs qu'immédiatement en arrière de la nappe IV et en particulier sur le versant méridional des Alpes, comme l'ont fait plusieurs au-

teurs. Or, en arrière du massif du mont Blanc se trouve l'étroite bande jurassique de Sembrancher-Saxon et la zone des Schistes Lustrés du Valais, qui, près de Sierre, s'appuie directement contre la racine des Préalpes internes. Les calcaires à silex (Lias) et les calcaires compacts (Malm) n'y font pas défaut. Nous sommes donc amenés à assigner à cette zone le rôle de racine de la nappe moyenne des Préalpes. M. Heim y place les racines de toutes les nappes supérieures aux nappes helvétiques.

VI. *Nappe supérieure des Préalpes* (Préalpes médianes p. p.). Lambeaux et chaînons de Tréveneusaz, des Gastlosen, du Rubli, de la Gummfluh, des Spielgerten, de Wimmis; *Klippen* du Giswyler Stock, des Mythen. Facies caractéristiques : calcaires triasiques à *Diplopora;* Lias néritique, souvent absent; Bathonien néritique (couches à *Mytilus*); Tithonique coralligène; couches rouges transgressives.

Si l'on place les racines de la nappe V dans la zone des Schistes Lustrés du Valais, on est conduit à envisager comme la racine de la nappe VI l'anticlinal cristallophyllien du Grand Saint-Bernard, dont la couverture mésozoïque comprend, comme cette nappe, une grande épaisseur de calcaires triasiques (calcaires de Pontis).

VII. *Nappe de la Brèche du Chablais.* Lambeaux de recouvrement du Chablais, de la région Rubli-Gummfluh, reposant sur les nappes V et VI (Lugeon, 1896) et blocs exotiques d'Iberg (Tobler). Facies caractéristiques : Cargneules et calcaires dolomitiques triasiques; Rhétien fossilifère; Brèche inférieure (Lias); Schistes ardoisiers (Jurassique moyen); Brèche supérieure (Jurassique supérieur). Il est difficile de préciser l'emplacement des racines de la nappe de la Brèche, car ses facies caractéristiques ne sont pas connus sur le flanc méridional de l'anticlinal du Grand Saint-Bernard, où la dénudation ne semble pas les avoir respectés.

De même que pour les nappes précédentes (IV-VI), c'est en dehors du segment des Alpes qui correspond à la longueur actuelle des Préalpes, c'est-à-dire au Sud, dans les Alpes françaises, et, à l'Est, dans les Grisons, que nous devrons chercher des arguments en faveur de nos conclusions.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du revers méridional des massifs du Canigou et du Puigmal.* Note de M. O. **Mengel**, présentée par M. Michel Lévy.

L'étude géologique de l'extrémité orientale des Pyrénées, que je poursuis depuis quelques années, m'a déjà permis de reconnaître diverses particularités caractéristiques de son architecture. Mais il me reste à analyser et à coordonner un certain nombre d'anomalies, en particulier le chevauchement du massif cristallophyllien du Canigou et du massif paléozoïque du Puigmal vers le Sud. L'écrasement des plis du versant septentrional de l'ensemble de ces massifs, ainsi que l'érosion intense à laquelle ils ont été soumis et qui n'en a laissé subsister que les racines dans leurs parties métamorphiques, ne permet pas de concevoir facilement ce que devait être l'allure de leur

superstructure. Il en est tout autrement sur leur versant sud; là, le travail de l'érosion étant beaucoup moins avancé, les manifestations orogéniques qui ont marqué la surrection des Pyrénées ont conservé toute leur ampleur et leur netteté originelles.

Les ingénieurs et les géologues qui se sont occupés du bassin houiller de S. Juan de las Abadesas n'ont pas manqué de signaler les dislocations nombreuses de ce bassin et les difficultés qu'elles apportent à son exploitation. Il existe, en effet, dans la région de Surroca et d'Ogassa, tout un entassement de plis Ouest-Est, renversés vers le Sud, ainsi que des décrochements transversaux nombreux qui frappent l'œil le moins exercé. Ces accidents, les derniers surtout, sont en relation manifeste, comme M. L.-M. Vidal l'a fait remarquer, avec l'existence de nombreuses venues porphyriques, qui appartiennent, ainsi que je l'ai déjà signalé, à la traînée éruptive que j'ai relevée de Martinet à Camprodon, où elle disparaît sous le Tertiaire.

M. L.-M. Vidal, en 1886, dans une coupe Nord-Sud de Nuria à Ripoll, indique la présence du Trias au milieu de Silurien et celle du Lias en contact anormal avec le Crétacé, et il interprète ces accidents par un système de failles longitudinales. Cette coupe est en effet, celle qu'on relève dans un trajet sur route, *au fond de la vallée,* de Ribas à Ripoll; je doute toutefois de l'âge triasique de toute la formation rouge qu'on rencontre accidentellement aux Angelats et que l'on retrouve normalement en place à 1^{km} plus au Sud.

Quant aux calcaires de Las Covas, près des bains de Ribas, et de Forat de Covertro, près Surroca, que M. Vidal rapporte au Crétacé et au Lias, je ne vois en eux que les calcaires de la partie moyenne de la formation rouge (Garumnien auct.). Je développerai ailleurs les raisons qui militent en faveur de cette interprétation; mais, que les grès et marnes rouges de la base de cette formation soient triasiques ou non, les conclusions tectoniques que je tirerai de leur présence sous le Primaire n'en seront infirmées en aucune façon.

M'en rapportant à la série stratigraphique que j'ai donnée aux *Comptes rendus des Collaborateurs de la Carte géologique* pour la campagne de 1908, j'ai tout d'abord remarqué, à l'entrée de la gorge qui descend de la Molina à Escadars (revers ouest du massif du Puigmal), un plongement Est-Nord-Est des schistes zonés (Ordovicien inférieur) sur la zone quartzo-schisteuse (Ordovicien moyen). Plus à l'Est, dans la conque de Nava, où affleure un Gothlandien fossilifère bien connu, on passe successivement, du haut en bas, des schistes zonés à la formation quartzo-schisteuse, aux schistes violacés un peu gréseux (équivalent de la grauwacke ordovicienne), puis au Gothlandien et enfin aux calcaires griotteux et schistes noir verdâtre du Dévonien inférieur. Il y a là également quelques grès bruns avec lumachelles de Brachiopodes et d'Encrines, qui appartiennent vraisemblablement au Carbonifère. Toute cette série est renversée et montre un plongement général

vers le Nord, sauf en quelques points et par suite de plissotements secondaires.

Si maintenant de Ribas on se dirige vers le Sud, non plus sur la route de la vallée, mais en suivant le sentier muletier qui monte à Bruguera, on traverse un grand nombre de replis affectant les couches ordoviciennes, gothlandiennes et dévoniennes, mais on ne trouve aucune trace de la formation rouge, dont on aperçoit cependant les affleurements au fond de la vallée et que l'on voit nettement recouverte par les calcaires dévoniens au sud de Campellas, sur l'autre versant. Une course sur ce versant m'a confirmé ce fait et permis de revoir le recouvrement du Dévonien par le Gothlandien, toujours plongeant au Nord, sauf au voisinage des pointements éruptifs, où généralement se montre un brouillage des couches. *En somme, la formation rouge des Angelats n'affleure qu'à la faveur d'une fenêtre ouverte par le Freser dans le Primaire.*

L'étude du bord de la zone primaire, à son contact avec le Tertiaire (en considérant la formation rouge comme appartenant à la base du Tertiaire), est encore plus suggestive. Au nord de Bruguera, on voit la barre calcaire verticale de Las Covas se recourber vers le Nord, s'étirer et disparaître, avec les grès et marnes rouges, sous une lame de Dévonien. De Bruguera au Col de Jou, ce fait devient absolument général et, grâce à des affouillements torrentiels profonds, on a la perception très nette que le Pic du Taga est constitué par un lambeau de Dévonien reposant sur le Garumnien. De l'établissement de Montagut au Col de Jou, c'est le Dévonien inférieur très étiré qui forme le front de la bordure primaire. A partir du Col de Jou jusqu'à la Esllavissada de Bassagaña, c'est plutôt le Gothlandien, également très étiré; mais, à partir de Bassagaña, la charnière de la nappe se complète et c'est le Dévonien moyen et supérieur, puis le Carbonifère (Dinantien et Stéphanien), qui viennent successivement reposer sur la formation rouge. J'ajouterai que les grès et poudingues de la base de celle-ci, au voisinage des pointements éruptifs, sont presque uniquement composés d'éléments empruntés à ces pointements, tandis que les poudingues carbonifères de cette région n'en contiennent pas.

Cet ensemble de faits, joints à ceux que j'ai déjà signalés au Col d'Ares (interstratification de grès rouges dans le Gothlandien), me porte à penser qu'on a, sur le versant espagnol, du Col d'Ares au Puig d'Alp au moins, les indices de grands mouvements horizontaux post-éocènes, qui se traduisent, d'une part, par un chevauchement du Primaire vers le Sud, sur la base du Tertiaire et, d'autre part, par un chevauchement du Tertiaire vers

le Nord. *Le premier paraît limité à certaines régions, tandis que le second dépend d'un régime général de chevauchements que j'ai déjà signalé de la Méditerranée à la Serre de Cadi.*

En ce qui concerne plus spécialement la région qui fait l'objet de cette Note, on peut induire des remarques précédentes que le Houiller de S. Juan ainsi que le Dévonien qui lui est superposé ne sont pas en place et que le Taga est un lambeau de recouvrement. Si, d'autre part, je rapproche de ces constatations les anomalies stratigraphiques de Llo, où l'on voit, entre autres, une bande calcaire que je considère comme dévonienne émerger de dessous l'énorme masse du Puigmal, je suis amené à me demander si le massif même du Puigmal est bien autochtone. C'est à l'étude de cette question que je compte consacrer ma prochaine campagne.

GÉOLOGIE. — *Résultats stratigraphiques d'une mission en Chaouîa (Maroc).* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Michel Lévy.

La Chaouîa constitue une région naturelle qui offre 130^{km} de côtes; elle appartient à la partie du Maroc que j'ai désignée sous le nom de *Meseta marocaine*.

Chargé de mission au Maroc en 1908, j'ai profité de la pacification des chaouîa par le général d'Amade pour parcourir leur pays. Grâce à l'extrême bienveillance de l'éminent chef du Corps de débarquement, j'ai pu circuler en tous sens dans la zone d'occupation.

J'ai rapporté de ce voyage de nombreux matériaux et les éléments d'une Carte géologique au $\frac{1}{200000}$. Je me propose d'exposer très brièvement dans cette Note les résultats de mes recherches stratigraphiques.

J'ai reconnu des terrains primaires, secondaires et tertiaires.

1° Les dépôts les plus anciens sont formés de schistes micacés ou satinés sans fossiles, qui peuvent appartenir au Cambrien ou à des niveaux antérieurs. Ils sont recouverts par la succession géosynclinale, épaisse, de quartzites et de schistes argileux, que j'ai classée plus au Sud, dans le Silurien : les schistes ardoisiers de la Chaouîa peuvent être rapprochés des schistes à Graptolithes gothlandiens du Haut-Atlas.

2° A ces dépôts succède le Dévonien, formé d'argiles schisteuses avec bancs de calcaires à Entroques et de quartzites (150^{m}), surmontés de calcaires compacts ou gréseux, bleus ou gris, en bancs réguliers (au moins 150^{m}).

Des fossiles se montrent un peu partout dans ces couches. Les calcaires

en sont parfois pétris et ils peuvent offrir des spécimens remarquablement conservés par suite d'un phénomène de silicification suivi d'une décalcification.

Le plus beau gisement fossilifère est celui que j'ai trouvé un peu au sud de la Qasba ben Ahmed. Un examen sommaire de mes matériaux a permis à M. E. Haug de dresser la liste suivante qui ne laisse aucun doute sur leur âge coblentzien : *Cryphœus laciniatus* F. Rœm. (tête et pygidium), *Dalmania* (*Odontochile*) (pygidium d'une espèce de très grande taille), *Orthothetes umbraculum* Schloth., *Stropheodonta* sp., *Chonetes plebejus* Schnur., *Spirifer Pellicoi* Vern., *Sp. Rousseaui* Vern., *Sp. Bischofi* A. Rœm., *Uncinulus subwilsoni* d'Orb., *Tentaculites* sp., *Petraia* sp., *Fenestella* sp.

Le Dévonien moy.-sup. ne semble pas exister; de même la présence du Carbonifère est douteuse.

La série paléozoïque se termine par les couches rouges sans fossiles, avec roches volcaniques, qui représentent très vraisemblablement, comme dans le Haut-Atlas, une partie du Permien et la base du Trias.

Parmi les terrains secondaires, le Trias lagunaire paraît former de petits affleurements; par contre le Rhétien est très développé.

Près de Mechrat ech Chaïr on observe, sur les couches plissées du Paléozoïque, les assises horizontales suivantes de la base au sommet :

a. Argiles rouges gréseuses avec conglomérat de base et quartz bipyramidés (50^m);

b. Argiles rouges gréseuses, avec bancs de calcaires colorés (40^m).

L'assise *a* est dépourvue de fossiles mais j'ai recueilli, dans les bancs les plus inférieurs de l'assise *b*, de nombreux débris de Brachiopodes ainsi que des Mollusques de petite taille qui ne sont, le plus souvent, qu'à l'état de moule interne ou externe. D'excellentes empreintes à la gélatine m'ont permis d'établir la liste suivante [1] : *Terebratula pyriformis* Sss., *Ter.* cf. *psinoloti* Qu., *Mytilus psinoloti* Qu., *M.* cf. *minutus* Qu., *Avicula* cf. *Deshayesi* Terq., *Avicula* sp., *Megalodon* sp., *Cucullœa Murchisoni* Cap., *Lima acuta* Stopp., *Leda* aff. *Deffneri* Oppel, *Gonodon* aff. *Laubei* Bittn., *Myophoriopsis* cf. *Stenonis* Stopp., *Ataphrus* cf. *rotundatus* Terq., *A.* aff. *planilabium* Cossm. sp., *Procerithium* (*Cosmocerithium*) sp., *Pr.* (*Xystrella*) sp., *Paracerithium* du gr. de *Cer. Todaroi* Gemm., *Pleurotomaria* du gr. de *Pl. nucleus* Terq., *Cœlostylina* sp.

Cette faune offre de grandes affinités avec celle de la zone à *Avicula contorta* de la Lombardie et de la Spezzia. Elle a aussi quelques affinités triasiques (faune de Saint-Cassian); enfin elle contient des espèces de l'Hettangien d'Hettange, du Portugal, etc. Elle caractérise le Rhétien.

La partie supérieure de l'assise *b* peut représenter l'Hettangien, ce qui

(1) Je remercie vivement M. Cossmann de ses conseils si compétents.

compléterait la série infraliasique. Quant à l'assise *a*, elle appartient vraisemblablement au Trias supérieur.

Sur les couches horizontales de l'Infralias reposent, en transgression, des calcaires blancs marneux qui renferment de nombreux fossiles très empâtés mais qui m'ont permis, à l'aide de bons moulages, de reconnaître : *Granocardium productum* Sow. sp., *Cardium* cf. *Marticense* Math., *Cardium* sp., *Mytilus ornatus* d'Orb., *Arca* gr. de *vendinensis* d'Orb., *Capsa* (*Baroda*) *Venei* d'Arch. sp., *Nerinea* du gr. de *N. cincta* Münst., *Rostellaria* du gr. de *R. Requianus* d'Orb., *R.* du gr. de *R. Mailleana* d'Orb., *Pyrasus* (*Echinobatra*) cf. *sexangulum* Zek., *Turritella rigida* Sow., *T.* cf. *nodosa* Rœm.

Cette faune est néritique, presque littorale; elle rappelle le Turonien supérieur d'Uchaux, les couches de Gosau, etc.

Les calcaires sont recouverts en continuité, à Settat, par des couches plus marneuses à *Ostrea proboscidea* Sow., *O. plicifera* Coq., *Mytilus ornatus* d'Orb., *Natica bulbiformis* Sow. du Sénonien inférieur.

Au-dessous du niveau turonien se montrent, à la limite de la Chaouïa, des calcaires à silex sans fossiles (Cénomanien ?).

Les terrains tertiaires sont seulement représentés par des calcaires gréseux qui débutent par un conglomérat de base.

Ces dépôts renferment des bancs d'Huîtres avec Pectinidés. J'ai recueilli dans la vallée de l'Oued Mellah : *Ostrea edulis* L., *O. edulis* var. *italica* Defr., *Pecten planomedius* Sac., *P. jacobæus* L., *P. benedictus* Lamk., *Flabellipecten* nov. sp. intermédiaire entre *P. flabelliformis* et *P. planosulcatus*, des dents de *Carcharodon megalodon* Ag., *Odontaspis acutissima* Ag.

Cette faune caractérise le *Plaisancien*.

Je n'ai pas trouvé de Miocène dans la Chaouïa.

Les dépôts de cet âge signalés par M. Brives [1] sont ceux que j'ai décrits dans le Secondaire (Crétacé).

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la capacité cranienne des Hommes fossiles du type dit de* Néanderthal. Note de M. **Marcellin Boule**, présentée par M. Edmond Perrier.

A la suite de Schaaffhausen, d'Huxley et de M. Schwalbe, la plupart des anthropologistes ont attribué au type humain dit de *Néanderthal* une

(1) *Comptes rendus du neuvième Congrès géologique international, à Vienne*, 1903, p. 690, etc.

capacité cranienne relativement très faible, environ 1230^{cm^3}. Ce chiffre, notablement inférieur à celui de la moyenne des Hommes actuels (1375^{cm^3} d'après Topinard), a été invoqué, à l'appui des caractères morphologiques observés sur les crânes du type de Néanderthal, pour faire considérer ces crânes comme diminuant, avec le Pithécanthrope, le grand intervalle qui sépare les Singes anthropoïdes de l'Homme actuel. Il permettait d'établir la petite série suivante :

	cm^3
Singes anthropoïdes (maximum)	621
Pithécanthrope (environ)	855
Crâne de Néanderthal	1230
Races humaines actuelles (moyenne)	1375
Parisiens (moyenne)	1550

Les crânes de Néanderthal et de Spy sont trop incomplets pour qu'on puisse mesurer directement leur capacité. Schaaffhausen, Huxley, M. Schwalbe, qui ont essayé de l'évaluer, sont arrivés à des résultats sensiblement concordants parce que les diverses méthodes qu'ils ont employées partent toutes du même principe *a priori :* que le crâne de Néanderthal, dont on ne connaît que la calotte supérieure, devait être construit, dans sa partie manquante, comme les crânes d'Hommes actuels. Ils ont d'abord cubé directement la partie conservée et ils ont apprécié le volume de la partie manquante par comparaison avec des crânes complets d'Hommes actuels.

Il est vrai que d'autres anthropologistes ont présenté des évaluations différentes. Virchow, sans chercher à préciser, a prétendu que la capacité du crâne de Néanderthal devait être considérable. Ranke, se servant des Tables de Welcker, d'après la circonférence horizontale et l'indice de largeur, a obtenu le chiffre de 1532^{cm^3}. Manouvrier a déclaré que le volume cérébral du crâne de Néanderthal ne saurait avoir été inférieur à 1500^{cm^3}.

On voit, d'après ces divergences, qu'un intérêt considérable s'attache à la mesure exacte de la capacité du crâne de La Chapelle-aux-Saints que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie au mois de décembre dernier. A première vue, et malgré son extraordinaire aplatissement, ce crâne paraît très volumineux. En appliquant les formules de Manouvrier, de Lee, de J. Beddoc, dont les coefficients ont été établis pour certaines races déterminées, et en tenant compte de la plus forte épaisseur des os du crâne fossile, j'ai obtenu pour celui-ci des nombres variant entre 1570^{cm^3} et 1700^{cm^3}.

Le cubage direct était difficile à cause de la fragilité du spécimen, de ses pertes de substance et des lacunes que présente la base du crâne.

Mon collègue M. Verneau, et son collaborateur M. le Dr Rivet, très expérimentés en pareille matière, ont bien voulu se livrer avec moi à une petite série d'opérations en employant des grains de millet et en évaluant, avec le plus de précision possible, les différences en plus ou en moins dues aux saillies et aux dépressions manquantes de la base du crâne. Au moyen de quelques expériences faites parallèlement, avec le même millet et avec des grains de plomb, sur un crâne actuel et intact, nous avons pu ramener le cubage au millet du crâne fossile au cubage au plomb. Nous sommes arrivés ainsi à fixer à 1600^{cm^3} environ (chiffre exact calculé 1626^{cm^3}) la capacité cranienne de l'Homme de La Chapelle-aux-Saints.

Les calottes de Néanderthal et de Spy ressemblent tellement à la calotte du crâne de La Chapelle-aux-Saints que le résultat fourni par le cubage direct de ce dernier doit faire élever les doutes les plus sérieux sur les évaluations proposées par Schaaffhausen, Huxley et Schwalbe pour le crâne de Néandhertal. De sorte que, par sa capacité cérébrale, c'est-à-dire par un caractère de tout premier ordre, le type morphologique de Néanderthal rentre tout à fait dans le groupe humain, dans le genre *Homo*.

Mais il faut distinguer entre le volume absolu et le volume relatif, il faut tenir compte de la grosseur totale de la tête et de la robusticité du corps. Si l'on compare, en effet, la capacité cérébrale du type de Néanderthal avec celle d'un Homme actuel dont les diamètres craniens horizontaux seraient à peu près égaux aux diamètres craniens de l'Homme de La Chapelle-aux-Saints, mais dont la hauteur basilo-bregmatique serait plus grande, on voit que la capacité du crâne actuel est très supérieure à celle du crâne fossile (1800^{cm^3} et même 1900^{cm^3} au lieu de 1600^{cm^3}). Les crânes actuels aussi volumineux sont rarissimes. On peut citer celui de Bismarck, qui, avec des diamètres antéro-postérieur et transverse à peine plus grands que ceux du crâne de La Chapelle-aux-Saints, avait une capacité de 1965^{cm^3}.

Cette différence entre l'Homme fossile de la Corrèze et un Homme actuel, un Français par exemple, saute aux yeux quand on superpose les profils des deux crânes suivant les lignes basilo-nasales ramenées à la même longueur.

Ainsi disparaît, ou s'atténue singulièrement, cette sorte d'anomalie que, étant donnés les nombreux caractères d'infériorité morphologique du crâne de La Chapelle-aux-Saints, la grande valeur absolue de la capacité cranienne paraissait révéler. En réalité, toutes choses égales d'ailleurs, le volume du cerveau, dans le type de Néanderthal, est peu considérable relativement au volume des cerveaux logés dans de grosses têtes actuelles.

D'ailleurs, il faudrait encore se demander si, la substance cérébrale étant

moindre comme quantité, sa qualité ou simplement sa répartition n'étaient pas différentes. De cela, nous ne pourrons jamais savoir que ce que peut apprendre l'étude de la surface endocranienne; je compte la faire prochainement au moyen d'un moulage.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le coude du Rhin à Bâle.* Note de M. **Gabriel Eisenmenger.**

Le passage du Rhin par la vallée du Doubs, pendant le Pliocène moyen et supérieur, indiqué depuis longtemps (Steinmann, Gutzwiller), puis controversé (Scipion Gras, Élie de Beaumont, Kilian), a été définitivement établi par l'étude récente faite par M. de Lamothe ([1]).

Or, si l'on sait aujourd'hui que le Rhin, au Pliocène supérieur, a suivi les vallées de l'Allaine et du Doubs pour s'écouler ensuite par la Saône et le Rhône vers la Méditerranée, il n'en est pas de même de la façon par laquelle le Rhin est passé de cette ancienne direction Est-Ouest à la direction Sud-Nord qu'il possède actuellement.

Reprenant le travail de Klæhn sur l'hydrographie du Sundgau ([2]), j'ai cherché, dans une étude générale de l'histoire géologique du Rhin, à préciser divers points et apporter quelque lumière sur cette intéressante question.

1° A l'époque où le Rhin coulait vers le Doubs, il devait avoir pour limites dans la région bâloise : Wyhlen, Grenzach, au Nord; Pratteln, Muttenz, au Sud; il emplissait par conséquent la large rigole comblée aujourd'hui par les *basses terrasses.* Par suite de l'affaissement du sol au nord de Bâle, l'écoulement occidental perdit peu à peu de sa force. Le Rhin ne tourna pas brusquement pour entrer dans la plaine d'Alsace; il découvrit d'abord un grand arc ouvert au Nord-Est, puis cet arc fut rétréci successivement.

2° Le changement de direction s'est fait à une altitude supérieure à l'altitude actuelle et, à cette époque, le Sundgau avait un caractère lacustre. Les lacs du Sundgau recevaient plusieurs cours d'eau vosgiens correspondant aux vallées du versant sud de la chaîne. Comme ces cours d'eau affectaient la direction NNO-SSE, le Rhin n'a pas pu prendre directement la route du Nord; il s'est d'abord écoulé perpendiculairement à son ancienne direction, c'est-à-dire vers le Nord-Est. Il a conservé cette direction jusqu'à ce que, d'une part, les eaux vosgiennes aient diminué leur résistance contre

([1]) *Bull. Soc. géol. France* et *Comptes rendus,* 1903.

([2]) G. Klæhn, *Hydrographische Studien im Sundgauer Hügelland* (*Beit. z. Geophys.,* 1904).

les eaux alpines et jusqu'à ce que, d'autre part, en raison de l'arrivée des eaux de la Forêt-Noire, le fleuve ait pu rendre son action prépondérante.

3° Le Rhin, en diminuant successivement le rayon de l'arc de cercle qu'il décrivait dans le Sundgau, a tracé des rigoles sensiblement concentriques dans le gravier de la Haute-Alsace ; ces rigoles sont occupées aujourd'hui par des rivières.

L'arc de cercle extérieur est constitué par les vallées de la Birsig, de l'Ill en amont d'Oltingen, de la Larg et de l'Ill en avant d'Illfurt.

Un second arc, à l'intérieur du précédent, est indiqué par la vallée de l'Ill en aval d'Oltingen.

Enfin un troisième arc, plus petit que les précédents, est formé par le Thalbach, le Wahlbach et la vallée de Niedermattgraben.

Ainsi les traces de l'ancien fleuve, au moment où il changeait sa direction occidentale primitive pour prendre la direction septentrionale actuelle, sont encore visibles dans le sol et doivent être considérées comme ayant formé les vallées que suivent les petits cours d'eau de la Haute-Alsace. Les changements du cours du Rhin dans cette région ont fait disparaître l'ancien relief; aussi trouve-t-on peu de vallées se dirigeant de l'Est à l'Ouest. En résumé le relief actuel du Sundgau est l'œuvre du Rhin pliocène qui a modifié sa direction d'écoulement et formé le coude de Bâle.

M. **Sixto Ocampo** adresse une *Note sur la résistance qu'un fluide offre au mouvement d'un plan mince.*

(Renvoi à l'examen de M. Boussinesq.)

M. **Henri Bourguet** adresse une *Note sur l'utilisation de la pesanteur et l'influence du mouvement varié dans le vol des oiseaux.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 10 mai 1909.

Atti della Societa italiana per il progresso della Scienze: Prima riunione, Parma, settembre 1907; seconda riunione, Firenze, ottobre 1908. Rome, 1908-1909; 2 vol. in-4°. (Hommage de M. le Sénateur Volterra, Correspondant de l'Institut.)

Icones Mycologicæ, par Boudier; série V, livraison 23. Paris, Paul Klincksieck, 1909; 1 fasc. in-4°.

Précis de Médecine légale, par A. Lacassagne; 2e édition, entièrement revue avec la collaboration du Dr Étienne Martin, avec 112 figures et 2 planches hors texte en couleurs. Paris, Masson et Cie, 1909; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Laveran.)

Étude de quelques couples thermo-électriques : nickels-cuivre, cupro-nickels-cuivre, maillechorts-cuivre, cobalt-cuivre, par Hector Pécheux. Grenoble, Allier frères, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Un système hygiénique et économique de canalisation pour fontaines publiques et privées, par E. Gayzac. Millau, impr. H. Maury, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Mémorial de l'Artillerie navale; 3e série, t. III, 1re livraison de 1909. Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 fasc. in-8°.

Mémoires publiés par la Société nationale d'Agriculture de France; t. CXLII. Paris, Philippe Renouard, 1909; 1 vol. in-8°.

Verhandlungen der österreichischen Kommission für die internationale Erdmessung : Protokoll über die am 29 *Dezember* 1907 *abgehaltene Sitzung.* Vienne, 1908; 1 fasc. in-8°.

Solar Physics Committee : *A discussion of Australian Meteorology, being a Study of the pressure, rainfall and river changes, both seasonal and from year toyear, together with a comparison of the air movments over Australia with those over South Africa and South America,* by William-J.-S. Lockyer. Londres, 1909; 1 fasc. in-4°.

Weltsprache und Wissenschaft. Gedanken ueber die Einführung der internationalen Hilfssprache in die Wissenschaft, von L. Couturat, O. Jespersen, R. Lorenz, W. Ostwald, L. Pfaundler. Iéna, Gustav Fischer, 1909; 1 fasc. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 17 mai 1909.

Fossiles de Patagonie : le Pyrotherium, par Albert Gaudry; Mémoire posthume, publié par M. Marcellin Boule. (Extr. des *Annales de Paléontologie,* t. IV, 1909.) Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-4°. (Offert par M. Perrier au nom de M. Boule.)

La figure de la Terre, les grandes opérations géodésiques, l'ancienne et la nou-

velle mesure de l'arc méridien de Quito, par le capitaine G. PERRIER. (Extrait de la *Revue de Géographie annuelle,* t. II, 1908.) Paris, Ch. Delagrave; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. H. Poincaré. Hommage de l'auteur.)

The origin of meteorites, by WILLIAM-H. PICKERING. (Extr. de *Popular Astronomy,* n° 165.) Cambridge, Mass., s. d.; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Les découvertes modernes en Physique, par O. MANVILLE; 1re partie : *Électricité et Matière;* 2e partie : *Les ions et les électrons dans la théorie des phénomènes physiques. La matière et l'éther.* 2e édition revue et augmentée, avec 65 figures dans le texte. Paris, A. Hermann et fils, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Violle.)

Les Zoocécidies des plantes d'Europe et du Bassin de la Méditerranée, par C. HOUARD : Description des galles, illustration, bibliographie détaillée, répartition géographique, index bibliographique, 1365 figures dans le texte, 2 planches hors texte, 4 portraits; t. II : *Dicotylédones* (2e partie). *Index bibliographique,* nos 3320 à 6239. Paris, A. Hermann et fils, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouvier. Hommage de l'auteur.)

Ueber eine mögliche Ursache der Erdbeben, von Dr H. RUDOLPH. Stuttgart, Otto Sautter, s. d.; 1 fasc. in-8°.

In welcher Beziehung stehen die Elektronen zum Aether und zu den Atomen, von Dr H. RUDOLPH. Stuttgart, Otto Sautter, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Missouri Bureau of Geology and Mines; 2e série, t. V : *Publics roads, their improvement and maintenance,* by E.-R. BUCKLEY. 2e série, t. VI : *The lime and cement resources of Missouri,* by H.-A. BUEHLER. Jefferson city, Mo., s. d.; 2 vol. in-4°.

United States geological Survey. Professional papers : 58. *The Guadalupian Fauna,* by GEORGE-H. GITRY. 60. *The interpretation of topographic maps,* by ROLLIN-D. SALISBURY and WALLACE-W. ATWOOD. Washington, Government printing Office, 1908; 2 vol. in-4°.

The biota of the San Bernardino mountains, by JOSEPH GRINNELL. (*University of California publications in Zoology;* t. V, n° 1, p. 1-170, pl. 1-24, décembre 1908.) Berkeley; 1 vol. in-8°.

Le rôle du tube digestif dans la production de l'anthracose des poumons et des organes abdominaux, par A. MACIESZA. Cracovie, 1909; 1 fasc. in-8°.

Extracts from narrative reports of officers of the Survey of India for the season 1906-1907, prepared under the direction of lieutenant-colonel S.-G. BURRARD. Calcutta, 1909; 1 vol. in-4°.

Report of the seventy-eight meeting of the British Association for the advancement of Science, Dublin, september 1908. Londres, John Murray, 1909; 1 vol. in-8°.

The national physical Laboratory. Report for the year 1908. Teddington, 1909; 1 fasc. in-8°.

Report of the Commissioner of Education for the year ended june 30, 1908; t. I. Washington, Government printing Office, 1908; 1 vol. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 MAI 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce qu'en raison des fêtes de la Pentecôte la séance du lundi 31 mai est remise au mardi 1er juin.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à S. A. S. le Prince Albert de Monaco, récemment élu Associé étranger, et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

PHYSIQUE. — *Sur une hypothèse relative à la nature de la pression intérieure dans les fluides.* Note de M. **E.-H. Amagat.**

Il résulte de considérations exposées dans une précédente Note (5 mai 1909) que la pression intérieure totale $\Pi' = \frac{p_0 v_0}{v} - p$ peut être considérée comme la somme de deux pressions dont la première π ou $T\frac{dp}{dt} - p$ se réduit à $\frac{\Sigma r\varphi(r)}{3v}$ dans le cas des grandes distances intermoléculaires, et la seconde π'' a pour valeur

$$(1) \qquad \pi'' = \Pi' - \pi = \frac{p_0 v_0}{v} - T\frac{dp}{dt}.$$

C'est dans l'étude de cette pression π'' que nous devons chercher la nature des forces correspondantes dont nous avons été conduit à admettre l'existence (*loc. cit.*, n° 3).

1° Le calcul numérique des valeurs de π'' montre que pour tous les gaz, et contrairement à ce qui a lieu pour π et Π', cette fonction ne change jamais de signe ; pour une température donnée, ses valeurs, toujours négatives, croissent indéfiniment quand le volume diminue.

Remarquons maintenant qu'au degré près d'approximation de la loi $\frac{dp}{dt} = \varphi(v)$, π'' peut s'écrire

$$\pi'' = \frac{p_0 v_0}{v} - T\frac{dp}{dt} = T\left(\frac{1}{273 v} - \frac{dp}{dt}\right) = T f(v) \quad (^1);$$

ainsi, sous volume constant, π'' est proportionnel à la température absolue. Comme du reste il est toujours négatif et qu'on a

$$\Pi' = \pi + \pi'',$$

π'' agit à l'encontre de l'attraction moléculaire et de la pression extérieure, tendant par suite à accroître le volume ; or, c'est précisément ce qui arriverait si un fluide parfait remplissait le volume intermoléculaire; nous sommes donc tout naturellement conduit à l'hypothèse d'un pareil fluide et par suite à chercher si celui-ci suit la loi de Mariotte ; s'il en est ainsi, nous devons avoir à température constante

$$(a) \qquad \pi''(v - \varepsilon) = \pi''_1(v_1 - \varepsilon) = \pi''_2(v_2 - \varepsilon) = \ldots,$$

ε étant le volume des molécules et $(v - \varepsilon)$, $(v_1 - \varepsilon)$, $(v_2 - \varepsilon)$, ... les volumes occupés par le fluide hypothétique sous les pressions π'', π''_1, π''_2, ... Si donc nous calculons par la relation précédente de proche en proche les valeurs successives de ε, nous devrons trouver une valeur constante. Les résultats de ce calcul, pour l'azote à zéro, sont consignés au Tableau ci-contre (colonne ε); les volumes successifs correspondent aux pressions extérieures inscrites à la colonne P.

On voit que la valeur de ε, le volume diminuant, diminue aussi jusque sous une pression de 1600^{atm} environ, à partir de laquelle elle reste très sensiblement constante; ses oscillations autour d'une valeur moyenne égale à 0,001125 sont évidemment attribuables aux erreurs expérimentales. Dorénavant je désignerai par α cette valeur limite de ε ou covolume. Comme du reste π'' est de la forme $T\varphi(v)$, la valeur de α sera indépendante de la température, ce qui devait être.

Si, après avoir déterminé la valeur numérique de α, on pose

$$\frac{\pi''}{\pi''_1} = \left(\frac{v_1 - \alpha}{v - \alpha}\right)^{x''_\alpha},$$

(1) Remplacer ici $p_0 v_0$ par $\frac{T}{273}$ comporte une erreur de l'ordre de grandeur de l'écart de la loi de Mariotte entre les pressions infiniment petites et la pression normale, ce qui n'entraîne surtout, pour les calculs relatifs aux fortes pressions, qu'une erreur relativement négligeable.

on devra trouver, en faisant de proche en proche le calcul de x''_α, une valeur constante et égale à l'unité à partir du volume pour lequel la loi de Mariotte commence à être suivie; pour les valeurs plus grandes du volume, le Tableau montre que les valeurs successives de x''_α croissent avec lui; je reviendrai plus loin sur ce point ([1]).

Azote à 0°.

P.	π.	Π'.	π''.	x.	x'.	x''.	x''_α.	ε.
atm	atm	atm	atm					
1.....	0,0025	0,00040	−0,0021	2,00	2,00	2,00	2,00	
100.....	26	+ 0,9	− 25,1	1,98				0,00982
200.....	92	− 7,5	− 99,5	1,95	4,95	2,14	1,83	0,00345
300.....	176	− 3,6	− 212	2,05	4,30	2,39	1,79	0,00254
400.....	250	− 82	− 332	1,88	4,37	2,40	1,63	0,00200
500.....	313	− 140	− 453	1,84	4,33	2,51	1,50	0,00179
600.....	374	− 206	− 577	1,99	4,42	2,71	1,64	0,00168
700.....	426	− 279	− 692	1,89	4,91	2,64	1,47	0,00153
800.....	468	− 355	− 811	1,67	4,51	2,47	1,50	0,00151
900.....	495	− 435	− 921	1,26	4,35	2,89	1,42	0,00144
1000.....	512	− 517	−1029	0,87	4,62	2,88	1,25	0,00137
1100.....	523	− 601	−1123	0,67	4,75	2,76	1,26	0,00129
1200.....	531	− 686	−1217	0,52	4,64	2,76	1,22	0,00126
1300.....	536	− 773	−1311	0,35	4,63	2,71	1,23	0,00125
1400.....	538	− 860	−1399	0,16	4,62	2,80	1,13	0,00120
1500.....	539	− 949	−1488	0,01	4,57	2,86	1,14	0,00120
1600.....	538	−1038	−1575	−0,01	4,60	2,91	1,13	0,00118
1700.....	537	−1127	−1663	−0,10	4,20	2,85	1,08	0,00114
1800.....	534	−1217	−1751	−0,33	4,18	2,92	1,06	0,00114
1900.....	528	−1308	−1834	−0,74	4,98	3,05	1,07	0,00115
2000.....	521	−1399	−1915	−0,89	4,51	2,90	1,00	0,00114
2100.....	504	−1491	−1995	−1,42	4,68	2,99	1,00	0,00113
2200.....	498	−1583	−2075	−2,00	4,65	3,07	0,99	0,00110
2300.....	482	−1675	−2155	−2,77	4,79	3,26	1,01	0,00114
2400.....	465	−1768	−2234	−3,27	4,91	3,28	1,08	0,00111
2500.....	446	−1862	−2308	−4,24	5,30	3,31	1,00	0,00110
2600.....	425	−1956	−2382	−5,03	5,07	3,28	1,03	0,00109
2700.....								0,00110

([1]) Comme x et x' tendent vers 2, pour les volumes de plus en plus grands, il doit évidemment en être de même pour x'' tiré de $\frac{\pi''}{\pi''_1} = \left(\frac{v_1}{v}\right)^{x''}$; cela résulte de (1); par suite encore, il doit en être de même pour x''_α, l'influence du covolume étant d'autant moindre que le volume est plus grand.

2° Revenons maintenant à la variation de π'' avec la température sous volume constant; on tire de (1) dans ces conditions

$$\frac{d\pi''}{dt} = \frac{1}{273 v} - \frac{dp}{dt};$$

d'autre part, si le fluide hypothétique se conduit comme gaz parfait, on doit avoir

$$\pi''(v - \alpha) = RT;$$

par suite, puisque R dans ce cas est égal à $\frac{1}{273}$,

$$\frac{d\pi''}{dt} = \frac{1}{273(v - \alpha)},$$

d'où enfin

$$\frac{1}{273 v} - \frac{dp}{dt} = \frac{1}{273(v - \alpha)}.$$

Le Tableau suivant relatif à l'azote montre que le rapport des valeurs des deux membres de cette égalité tend vers l'unité, au fur et à mesure qu'on se rapproche du volume pour lequel ε, ayant atteint sa valeur limite α, la loi de Mariotte est observée. Le fluide hypothétique se conduit alors, sous tous les rapports, absolument comme le ferait un gaz parfait.

	Azote à zéro.		
P. (atm)	$\frac{dp}{dt} - \frac{1}{273 v}$.	$\frac{1}{273(v - \alpha)}$.	Rapport des deux expressions.
1........	0,000009	0,00366	0,0025
100........	0,128	0,417	0,307
200........	0,361	0,900	0,401
300........	0,776	1,377	0,536
500........	1,674	2,213	0,756
1000........	3,768	3,879	0,971
1500........	5,449	5,266	1,035
2000........	7,028	6,803	1,031
2600........	8,715	8,562	1,018

Pour des pressions plus faibles, au fur et à mesure que le volume devient de plus en plus grand, le rapport de la première expression à la seconde devient de plus en plus petit; π'' continue toujours, sous volume constant, à être proportionnel à T, mais le coefficient de proportionnalité devient de plus en plus inférieur à ce qu'il serait pour un gaz parfait.

3° Tous ces résultats s'expliquent facilement, si l'on complète comme il convient, l'hypothèse faite plus haut.

Le fluide idéal hypothétique, un éther compressible si l'on veut, serait d'une subtilité infiniment grande; les parois des vases seraient perméables pour lui, on ne pourrait l'y comprimer; il faut donc qu'il soit retenu par la matière, et l'hypothèse la plus vraisemblable est qu'il formerait de petites atmosphères de densité décroissante depuis la partie centrale autour de chaque groupement moléculaire.

On conçoit bien que l'ensemble d'un fluide ainsi constitué puisse, quoique non homogène, transmettre aux parois une pression proportionnelle à la température absolue, à volume constant, mais avec un coefficient de proportionnalité affaibli par la dégradation des atmosphères, ainsi que cela a lieu. Il serait beaucoup plus difficile de comprendre comment, dans ces conditions, la loi de Mariotte pourrait être suivie, et en effet nous avons vu qu'elle ne l'est pas; mais, le volume devenant de plus en plus petit, les atmosphères se pénétrant tendent à former un ensemble de plus en plus homogène et dont la loi de compression, par suite, se rapproche de plus en plus de la loi de Mariotte; cette loi finira par être observée à partir d'un volume suffisamment petit, et c'est bien en effet ce qui arrive, ainsi que nous l'avons vu.

Au contraire, pour des volumes de plus en plus grands, il est facile de voir que les valeurs du covolume ε tirées de la relation

$$\pi''(v-\varepsilon) = \pi''_1(v_1-\varepsilon)$$

ne peuvent que croître; dans ces conditions, en effet, ε finit par devenir l'expression purement algébrique de la valeur que devrait avoir le covolume pour rendre l'espace intermoléculaire assez petit et, par suite, le fluide idéal assez homogène pour que la loi de Mariotte soit observée; ε ne peut donc qu'augmenter avec le volume. C'est bien aussi ce qui a lieu, ainsi que nous le savons.

Enfin, il est facile de voir qu'à cet accroissement de volume doit correspondre aussi un accroissement de la valeur de x''_α; supposons, en effet, que dans la relation précédente on ait $\pi''_1 > \pi''$ et, par suite, $v > v_1$.

La fraction $\frac{v}{v_1}$ étant plus grande que l'unité et ε étant forcément plus grand que α, on a

$$\frac{v-\varepsilon}{v_1-\varepsilon} > \frac{v-\alpha}{v_1-\alpha} > \frac{v}{v_1}$$

et, par suite, si l'on pose

$$\frac{\pi''_1}{\pi''} = \left(\frac{v-\varepsilon}{v_1-\varepsilon}\right)^{x''_\varepsilon} = \left(\frac{v_1-\alpha}{v-\alpha}\right)^{x''_\alpha} = \left(\frac{v}{v_1}\right)^{x''},$$

on aura, en remarquant que x''_ε est évidemment égal à l'unité, $x'' > x''_\alpha > 1$. C'est bien ce que montrent les Tableaux.

Des calculs analogues répétés avec l'acide carbonique, l'éthylène, l'oxygène et l'air ont conduit aux mêmes conclusions.

Enfin, j'ai cru intéressant d'étudier un liquide proprement dit, j'ai choisi l'éther ordinaire; les résultats relatifs à ce corps entre 50^{atm} et 3000^{atm} et à la température de zéro sont consignés au Tableau qui suit :

Éther ordinaire à 0°.

P.	π.	Π'.	π''.	x.	x'.	x''.	x''_α.	ε.
atm	atm	atm	atm					
1	2729	225,1	−2504					
				2,02	− 32,7	4,75	1,56	0,786
50	2769	177,8	−2591					
				1,33	− 47,4	4,18	1,45	0,753
100	2794	129,3	−2665					
				1,04	−113,7	3,92	1,33	0,730
200	2830	32,1	−2798					
				0,53	$[-\infty, +\infty]$	3,92	1,30	0,720
300	2845	− 65,5	−2910					
				0,52	+ 95,6	3,88	1,26	0,713
400	2860	− 163,2	−3023					
				0,26	+ 53,8	3,62	1,24	0,705
500	2866	− 261,1	−3127					
				0,12	+ 39,3	3,97	1,24	0,705
600	2870	− 359,1	−3229					
				−0,28	+ 38,2	3,61	1,11	0,675
700	2863	− 457,3	−3320					
				−0,89	+ 36,5	3,36	1,01	0,652
800	2845	− 455,6	−3400					
				−0,93	+ 12,1	3,41	1,01	0,655
900	2827	− 453,0	−3280					
				−1,63	+ 22,2	3,29	0,96	0,638
1000	2802	− 752	−3554					
				−1,26	+ 20,8	3,46	1,00	0,647
1100	2777	− 851	−3628					
				−1,65	+ 19,1	3,44	1,00	0,642
1200	2750	− 950	−3700					
				−1,76	+ 18,1	3,55	0,99	0,647
1300	2724	−1048	−3772					
				−1,80	+ 17,5	3,69	1,02	0,653
1400	2698	−1147	−3845					
				−2,19	+ 16,3	3,69	1,01	0,648
1500	2669	−1246	−3915					
				−2,20	+ 15,5	3,50	0,94	0,635
1600	2640	−1344	−3984					
				−2,10	+ 14,9	3,79	0,95	0,648
1700	2613	−1443	−4056					
				−2,22	+ 14,5	3,89	1,04	0,652
1800	2587	−1542	−4129					
				−2,83	+ 14,3	3,71	0,96	0,653
1900	2555	−1641	−4196					
				−2,69	+ 13,8	3,87	0,99	0,634
2000	2526	−1740	−4266					
				−2,56	+ 14,1	3,79	0,96	0,637
2100	2491	−1839	−4330					
				−2,35	+ 13,6	3,89	0,97	0,638
2200	2468	−1940	−4408					
				−3,18	+ 13,3	4,85	1,19	0,669
2300	2439	−2038	−4476					
				−3,51	+ 12,6	3,99	0,97	0,657
2400	2407	−2136	−4543					
				−3,62	+ 12,9	4,26	1,03	0,654
2500	2377	−2235	−4512					
				−3,76	+ 12,9	4,35	1,03	0,654
2600	2347	−2334	−4681					
				−4,13	+ 12,5	4,33	1,02	0,649
2700	2315	−2433	−4748					
				−4,29	+ 12,5	4,42	1,03	0,656
2800	2284	−2532	−4816					
				−5,16	+ 12,9	4,48	1,00	0,647
2900	2249	−2631	−4880					
				−5,39	+ 12,0	4,08	0,97	0,644
3000	2212	−2730	−4942					

On voit que le fluide hypothétique y suit la loi de Mariotte depuis 800^{atm} environ jusqu'à la limite supérieure des pressions; la moyenne trouvée pour le covolume α est 0,6482. Ce chiffre se rapporte à la masse occupant *à l'état liquide* un volume égal à l'unité à zéro sous la pression normale.

4° Nous avons vu que les nouvelles forces dont le viriel devait être introduit dans la relation (1) de la précédente Note (*loc. cit.*, n° 3) ne doivent introduire aucun terme nouveau à la place de $\frac{du}{dv}$; voyons si π'' satisfait à cette condition. Pour cela, remarquons que, dans le cas spécifié, les seuls travaux autres que $(p + \pi')\,dv$, qui peuvent figurer dans le terme $l\,dv$, sont : celui provenant des actions qui peuvent s'exercer entre les molécules et leurs atmosphères, et celui qui résulterait de la pression intérieure du fluide qui constitue ces atmosphères; or, d'une part, cette pression intérieure est nulle, le fluide étant parfait; et quant au premier travail, il est facile de voir qu'il doit devenir de plus en plus petit en même temps que $\frac{du}{dv}$, ce qui, du reste, s'accorde parfaitement avec le fait de la diminution du coefficient de proportionnalité relatif à l'accroissement de pression avec la température sous volume constant.

On voit que finalement le terme $l\,dv$ ne contiendra, dans le cas des grandes distances intermoléculaires, outre $(p + \pi')\,dv$, que des termes très petits; ces termes peuvent être de l'ordre de grandeur des écarts de la loi $\frac{dp}{dt} = \varphi(v)$; ils ne seraient pas de nature à masquer cette loi ni les autres lois principales, et pourraient en expliquer les perturbations.

5° Revenons maintenant à l'expression de la force intermoléculaire $\frac{K}{r^4}$.

Si les propriétés de la masse mécanique sont conservées ici, si les groupements sont ce qu'on se les figure généralement, s'il n'y a lieu de considérer que des forces $\varphi(r)$ s'exerçant entre les centres de tels groupements, tous identiques et constituant les molécules (ce qui précède ne suppose aucune hypothèse à cet égard), K devra être proportionnel au carré de la masse moléculaire, et il est facile de voir qu'il en sera de même de $\frac{\Sigma r\,\varphi(r)}{3v}$.

Ceci étant, comparons les divers fluides à l'état de gaz suffisamment parfaits, pris sous même volume et dans les mêmes conditions de pression et de température; si pour chacun d'eux le nombre des molécules est le même ainsi qu'on l'admet, le nombre des termes de la sommation $\Sigma r\,\varphi(r)$ sera le même (nombre de combinaisons des molécules deux à deux) et les valeurs

de π, qui dans ce cas se réduisent à π', devront être dans le rapport des carrés des poids moléculaires. Si l'on compare d'abord les gaz simples : hydrogène, azote, oxygène, chlore, les valeurs correspondantes de π' : 2,7 — 24,6 — 27,3 — 459, sont loin d'être dans le rapport en question; mais on peut remarquer que leurs valeurs croissent dans le même ordre que les poids moléculaires; si maintenant nous comparons les gaz simples et les gaz composés, cette remarque ne se vérifie même plus, les valeurs de π' sont beaucoup trop fortes pour les gaz composés. Or, il est facile de montrer (tout au moins dans le cas de groupements identiques qu'on fractionne en un même nombre de parties) qu'à masse égale la valeur de π' croît avec le nombre de termes de la sommation ; on peut donc se demander si la sommation réelle ne correspond pas à des groupements différents de ceux que nous avons supposés, ce qui évidemment changerait le rapport des valeurs de π' pour les divers fluides. On voit par là l'intérêt qu'il y aurait à examiner le cas des fluides dont la molécule est considérée comme monoatomique.

Il serait également intéressant d'examiner comment ces considérations peuvent se rattacher à la notion des états correspondants ; j'espère pouvoir revenir sur ces différentes questions.

NOMINATIONS.

M. le **Président de la Reale Accademia dei Lincei** adresse à l'Académie un Rapport relatif à la prochaine réunion de l'Association internationale des Académies, qui se tiendra du 1er au 3 juin prochain au palais Corsini, à Rome.

M. **G. Darboux**, précédemment délégué, représentera l'Académie à cette réunion.

L'Académie désigne, pour la représenter à l'inauguration de la statue de *Lamarck*, qui aura lieu le dimanche 13 juin au Muséum d'Histoire naturelle, sous la présidence de M. le Président de la République :

M. le Président de l'Académie et MM. **Bornet**, **Guignard**, **Chatin**, **Delage**.

M. le **Ministre de la Guerre** annonce à l'Académie qu'il a ouvert un

Concours pour l'étude d'un projet de ballon dirigeable d'un volume de 6500$^{m^3}$ environ, capable de marcher à la vitesse propre de 50^{km} à l'heure.

M. le Ministre exprime le désir de voir un Membre de l'Académie faire partie de la Commission chargée d'examiner les résultats de ce Concours et de classer les projets présentés.

L'Académie désigne, pour faire partie de la Commission, M. **Maurice Levy.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Gesammelte mathematische Werke von L. Fuchs, herausgegeben von Richard Fuchs und Ludwig Schlesinger; dritter Band.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la déformation infiniment petite des surfaces réglées.* Note de M. **J. Haag.**

Dans les *Comptes rendus* de la séance du 19 avril dernier, j'ai indiqué une solution du problème de la déformation infiniment petite des surfaces réglées. J'ai appris depuis que M. Goursat avait déjà résolu cette question, au moins dans le cas où il n'y a pas de plan directeur, et j'ai reconnu qu'il avait établi les formules (5) et (6) de la Note citée ci-dessus. Il a même indiqué un moyen permettant de se débarrasser des quadratures (*Comptes rendus,* 9 mars 1896).

Voici maintenant quelques conséquences intéressantes que j'ai tirées de ces formules et qui, cette fois, sont peut-être nouvelles.

Tout d'abord, il y a lieu d'introduire les trois fonctions λ, μ, ν, qui sont telles que les fonctions a, b, c de α, qui servent à définir la surface réglée (S), soient trois solutions particulières de l'équation

$$\theta''' + \lambda\theta'' + \mu\theta' + \nu\theta = 0. \tag{1}$$

Si l'*on remplace maintenant* a, b, c *par trois solutions quelconques de cette équation, on obtient des surfaces réglées qui se déduisent toutes de l'une d'elles par la transformation homographique la plus générale qui conserve le plan de l'infini.* Ceci permet de simplifier beaucoup certaines questions. C'est ainsi

qu'on trouve sans peine que *la condition nécessaire et suffisante pour que la ligne de paramètre* β *soit une droite* est qu'on ait

$$2\lambda + 2\mu(\alpha+\beta) + \nu(\alpha+\beta)^2 = 0.$$

Nous allons indiquer maintenant quelques propriétés qu'on obtient en appliquant au cas particulier actuel les théories générales relatives à la déformation infiniment petite d'une surface quelconque (voir Darboux, *Théorie des surfaces*, t. IV, Chap. III).

On sait que M. Guichard a montré comment on pouvait obtenir la congruence (G) la plus générale telle que les lignes asymptotiques se correspondent sur les deux nappes (S) et (Σ) de la surface focale. J'ai été conduit à me demander *si ces deux nappes ne pouvaient pas être des surfaces réglées dont les génératrices se correspondent*. J'ai reconnu d'abord qu'on obtenait la solution la plus générale de ce problème en associant, à une surface réglée quelconque (S), la surface (Σ) (en conservant les notations employées par M. Darboux dans son Ouvrage) qui correspond au cas où la fonction arbitraire B relative à la déformation infiniment petite de (S) est nulle, la fonction A restant arbitraire (voir la Note rappelée ci-dessus).

Ceci permet donc de résoudre complètement le problème sans aucune quadrature.

Mais on peut présenter la solution sous une forme plus élégante.

Introduisons la surface (Σ) en la rapportant, elle aussi, à ses lignes asymptotiques α_1 et β_1. Soient a_1, b_1, c_1 les trois fonctions de α_1 qui déterminent cette surface. Enfin posons

$$x_0 = \int (b'c'' - c'b'')\,d\alpha, \qquad x_1 = \int (b'_1 c''_1 - c'_1 b''_1)\,d\alpha_1.$$

Les surfaces (S) et (Σ) seront les deux nappes de la surface focale d'une congruence (G), si l'on a

$$(2)\qquad \begin{cases} (\alpha - \alpha_1)(a' - a'_1) = 2(a + a_1), \\ x_1 - x_0 = c'b'_1 - b'c'_1, \end{cases}$$

et les relations analogues. Dans ces relations, les dérivées des lettres sans indice sont prises par rapport à α; celles des lettres affectées de l'indice 1 sont prises par rapport à α_1; enfin α_1 est une fonction de α qu'on peut choisir arbitrairement, et qui sert à définir la correspondance entre les génératrices D de (S) et Δ de (Σ). La correspondance entre les points de deux génératrices homologues est donnée par $\beta_1 = \beta$.

Le problème de la recherche des congruences précédentes est équivalent au suivant : *Trouver une famille de quadriques* (Q) *dépendant d'un paramètre,*

telle que chaque surface de la famille touche son enveloppe suivant un quadrilatère gauche. Si l'on adopte, par exemple, les notations précédentes, l'équation générale des quadriques qui correspondent au couple de surfaces (S) et (Σ) considéré est

$$2(PQ_1 - QP_1) + (\alpha_1 - \alpha)QQ_1 = 0, \tag{3}$$

où l'on a posé

$$P = Sa(x - x_0), \quad Q = Sa'(x - x_0), \quad P_1 = Sa_1(x - x_1), \quad Q_1 = Sa'_1(x - x_1).$$

Le quadrilatère de contact jouit de la propriété suivante : *La surface réglée engendrée par chaque côté admet pour tangentes asymptotiques les deux côtés qui rencontrent celui-ci.*

Réciproquement, tout quadrilatère jouissant de cette propriété peut être obtenu de la façon précédente.

On peut encore donner une autre forme à la solution de ces problèmes. Si l'on pose

$$R = Sa''(x - x_0) \quad \text{et} \quad \delta = \| a, a', a'' \|,$$

l'équation d'une quadrique (Q) peut s'écrire

$$2PR - Q(Q - 2\delta) + t(P - mQ)(P - nQ) = 0, \tag{4}$$

les trois fonctions t, m, n étant liées par les deux relations

$$\left\{ \begin{array}{l} t(m - n)(1 - 2m') = 2(\lambda + 2m\mu + 2m^2\nu), \\ t(n - m)(1 - 2n') = 2(\lambda + 2n\mu + 2n^2\nu). \end{array} \right. \tag{5}$$

Trois des côtés du quadrilatère de contact ont alors pour équations

$$(D) \left\{ \begin{array}{l} P = 0, \\ Q = 0, \end{array} \right. \quad (d) \left\{ \begin{array}{l} P = mQ, \\ 2mR = Q - 2\delta, \end{array} \right. \quad (d') \left\{ \begin{array}{l} P = nQ, \\ 2nR = Q - 2\delta. \end{array} \right.$$

On voit qu'*on peut se donner arbitrairement l'ensemble des droites d,* pourvu qu'elles soient tangentes asymptotiques de (S). *La famille des droites opposées d' est alors déterminée par une équation de Riccati.*

Signalons, pour terminer, quelques cas particuliers intéressants :

Si $t = 0$, la quadrique (Q) est *l'hyperboloïde osculateur à* (S) *le long de* D. Les fonctions m et n sont alors les deux racines de l'équation

$$\lambda + 2m\mu + 2m^2\nu = 0,$$

de sorte que, *pour que l'hyperboloïde soit constamment osculateur à une seconde*

surface réglée, il faut et suffit qu'on ait

$$\mu^2 - 2\lambda\nu = 0.$$

Pour que le quadrilatère de contact ait deux côtés consécutifs parallèles, il faut et suffit qu'on ait par exemple $m = 0$; la famille correspondante de quadriques est toujours déterminée par une équation de Riccati. *Pour que les deux autres côtés du quadrilatère soient aussi parallèles,* il faut et suffit qu'on ait

$$\lambda' = \mu.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations mixtes linéaires.* Note de M. **G. Bratu**, présentée par M. Émile Picard.

1. Appelons *équation différentielle intégrale* ou *équation mixte* d'ordre (n, m) une équation fonctionnelle de la forme

$$F[x, f(x), f'(x), \ldots, f^{(n)}(x)] + \int_a^b \Phi[x, s, f(s), f'(s), \ldots, f^{(m)}(s)] = 0,$$

où les fonctions $F(x_1, x_2, \ldots, x_{n+2})$ et $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_{m+3})$ sont données, $f(x)$ étant une fonction à déterminer. Des cas particuliers de ces équations ont été étudiés par MM. Burgatti (1) et Bounitsky (2).

2. Nous allons donner la solution générale d'une équation mixte linéaire d'ordre (n, m). Considérons l'équation

$$(1) \qquad f^{(n)}(x) + \sum_{j=0}^{n-1} A_j(x) f^{(j)}(x) - \int_a^b \sum_{i=0}^{m} k_i(x, s) f^{(i)}(s)\, ds = \psi(x),$$

dans laquelle les fonctions $A_j(x)$, $k_i(x, s)$, $\psi(x)$ sont données. En posant

$$g(x) = \int_a^b \sum_{i=0}^{m} k_i(x, s) f^{(i)}(s)\, ds + \psi(x),$$

l'équation (1) devient

$$(2) \qquad f^{(n)}(x) + A_{n-1}(x) f^{(n-1)}(x) + \ldots + A_0(x) f(x) = g(x).$$

Soient $f_1, f_2, \ldots, f_n$ un système fondamental d'intégrales de l'équation (2)

(1) Burgatti, *Lincei Rendiconti,* 2e semestre 1903.

(2) E. Bounitsky, *Bull. des Sciences mathématiques,* janvier 1908.

sans second membre, $\delta(t)$ le wronskien correspondant, $d(x, t)$ le déterminant qu'on déduit de $\delta(t)$ lorsqu'on y remplace chaque élément $f_i^{(n-1)}(t)$ par $f_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, et posons

$$U(x, t) = \frac{d(x, t)}{\delta(t)},$$

$$\sigma(x) = C_1 f_1(x) + C_2 f_2(x) + \ldots + C_n f_n(x),$$

$C_1, C_2, \ldots, C_n$ étant des constantes arbitraires. La solution générale de l'équation (2) est

$$(3) \qquad f(x) = \int_0^x U(x, t)\, g(t)\, dt + \sigma(x).$$

Posons de même

$$U^i(x, t) = \frac{\partial^i U}{\partial x^i}, \qquad X_k = U^k(x, x), \qquad D_{n+p}^i = \sum_{j=i}^{p-1} C_j^i X_{n+p-j-1}^{(j-i)},$$

et remarquons qu'on a $X_i = 0$ $(i = 0, 1, 2, \ldots, n-2)$ et $X_{n-1} = 1$.

La formule (3) donne par des dérivations successives

$$(4) \quad \begin{cases} f^{(i)}(x) = \displaystyle\int_a^x U^i(x, t)\, g(t)\, dt + \sigma^{(i)}(x) & (i < n), \\ f^{(n+p)}(x) = \displaystyle\sum_{i=0}^{p} D_{n+p}^i(x)\, g^{(i)}(x) + \int_a^x U^{(n+p)}(x, t)\, g(t)\, dt + \sigma^{(n+p)}(x) & (p \geqq 0). \end{cases}$$

Ceci étant, écrivons l'équation (1) symboliquement sous la forme

$$P f(x) - I_a^b f(s) = \psi(x),$$

$P f(x)$ étant un *polynome différentiel* en f d'ordre n.

Nous distinguerons trois cas :

1° $n > m$. En remplaçant dans l'équation (1) $f(x)$ et ses dérivées par les expressions données par les formules (4) et en posant

$$h(x, t) = I_t^b\, U(s, t), \qquad \chi(x) = I_a^b\, \sigma(s) + \psi(x),$$

l'équation mixte donnée devient l'équation de Fredholm

$$g(x) - \int_a^b h(x, t)\, g(t)\, dt = \chi(x).$$

2° $n = m$. On trouve l'équation intégrale

$$g(x) - \int_a^b h_1(x, t)\, g(t)\, dt = \chi(x),$$

si l'on a posé $h_1(x, t) = k_n(x, t) + h(x, t)$.

3° $n < m$. En faisant les mêmes substitutions et en posant

$$h_p(x, s) = \sum_{j=p}^{m-n} k_{n+j}(x, s)\, D^p_{n+j}(s),$$

l'équation (1) devient l'équation mixte d'ordre $(0, m-n)$

$$g(x) - \int_a^b \left[\sum_{p=0}^{m-n} h_p(x, t)\, g^{(p)}(t) + h(x, t)\, g(t) \right] dt = \chi(x).$$

En intégrant par parties sous le signe somme, comme l'a fait M. Bounitsky, on ramène facilement cette dernière équation à une équation de Fredholm. Connaissant $g(x)$, la solution de l'équation (1) s'obtient ensuite par la formule (3).

3. Considérons en particulier l'équation mixte d'ordre $(n, 0)$

$$(5) \qquad P f(x) - \lambda \int_a^b k(x, s) f(s)\, ds = \psi(x),$$

et convenons d'appeler T de $f(t)$ l'expression

$$T f(t) = \int_0^x U(x, t) f(t)\, dt.$$

I. *La solution $f(x)$ de l'équation (5) est la solution d'une équation de Fredholm dont le noyau est $T k(t, s)$ et dont le second membre est la somme de $T \psi(t)$ et de l'intégrale générale de l'équation*

$$P f(x) = 0.$$

Posons enfin

$$T_n f(t_1, t_2, \ldots, t_n) = \int_0^{x_n} U(x_n, t_n) \int_0^{x_{n-1}} U(x_{n-1}, t_{n-1}) \ldots \times \int_0^{x_1} U(x_1, t_1) f(t_1, t_2, \ldots, t_n)\, d(t_1, t_2, \ldots, t_n).$$

La solution de l'équation (5) dépend d'une *fonction déterminante* entière

en λ, analogue à $D(\lambda)$ de M. Fredholm et ayant pour expression

$$\Delta_k(\lambda) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-\lambda)^n}{n!} \int_a^b \cdots \int_a^b T_n k \begin{pmatrix} t_1, t_2, \ldots, t_n \\ s_1, s_2, \ldots, s_n \end{pmatrix} d(x_1, x_2, \ldots, x_n).$$

Ses mineurs $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_p$ ont des expressions semblables.

II. *Dans le cas* $\Delta_k(\lambda) \neq 0$ *la solution de l'équation* (5) *existe toujours et dépend linéairement de n constantes arbitraires.*

Dans le cas $\Delta = \Delta_1 = \ldots = \Delta_{p-1} = 0$, *mais* $\Delta_p \neq 0$, *si* $p < n$ *la solution dépend encore de n constantes arbitraires; si* $p > n$ *l'équation* (5) *n'a pas en général de solution; mais, si* $p - n$ *équations de condition sont satisfaites, l'équation* (5) *a une solution dépendant linéairement de p constantes arbitraires* ([1]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la somme des n premiers coefficients d'une série de Taylor.* Note ([2]) de M. **Carl Hansen**, présentée par M. Émile Picard.

Soit $f(s)$ une fonction analytique qui admet le développement

$$(1) \qquad f(s) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n s^n, \qquad |s| < 1.$$

Désignons par $M(\rho)$ le maximum du module de $f(s)$ sur le cercle $|s| = \rho$ et par C_n la somme des n premiers coefficients du développement (1). Nous allons démontrer l'inégalité

$$|C_n| < \frac{5\sqrt{2}}{\rho^{n+1}} [M(\rho) + \varepsilon(n)],$$

quelle que soit la valeur de ρ plus petite que l'unité, $\varepsilon(n)$ étant une quantité qui tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$; inégalité rappelant celle de Cauchy pour un seul coefficient c_n. Pour le montrer, nous remarquons d'abord qu'on a

$$\frac{f(s)}{1-s} = \sum_{n=0}^{\infty} C_n s^n; \qquad |s| < 1.$$

([1]) Dans un cas particulier où np conditions sont remplies, la solution dépend de $n + p$ constantes arbitraires.

([2]) Présentée dans la séance du 17 mai 1909.

Remplaçons s par $\rho e^{i\theta}$ et désignons la partie réelle de $f(\rho e^{i\theta})$ par A, la partie imaginaire par B. Posons en outre $C_n = \alpha_n + i\beta_n$, α et β étant réels; on trouve alors par un calcul élémentaire

$$\alpha_n = I_1 + I_2 + I_3, \tag{2}$$

ayant posé

$$I_1 = \frac{1}{\pi\rho^n}\int_0^{2\pi} \frac{2B\sin^2\frac{\theta}{2}\sin n\theta}{1-2\rho\cos\theta+\rho^2}\,d\theta, \qquad I_2 = \frac{1-\rho}{\pi\rho^n}\int_0^{2\pi}\frac{B\cos\theta\sin n\theta}{1-2\rho\cos\theta+\rho^2}\,d\theta,$$

$$I_3 = \frac{1}{\pi\rho^{n-1}}\int_0^{2\pi}\frac{A\sin\theta\sin n\theta}{1-2\rho\cos\theta+\rho^2}\,d\theta.$$

Pour la quantité β_n on trouve une expression analogue. On voit aisément qu'on a

$$|I_1| < \frac{1}{\rho^{n+1}}M(\rho) \tag{3}$$

et

$$|I_2| < \frac{1}{\rho^{n+1}}M(\rho). \tag{4}$$

Considérons maintenant l'intégrale I_3 et désignons pour le moment la fonction A, qui est une fonction de ρ et θ, par $A(\rho, \theta)$. Pour abréger, nous posons $A(\rho,\theta) + A(\rho, -\theta) = F(\rho,\theta)$. L'intégrale I_3 peut s'écrire $I_3 = I_4 + I_5$ où

$$I_4 = \frac{1}{\pi\rho^{n-1}}\int_0^{\theta_1} F(\rho,\theta)\frac{\sin\theta\sin n\theta}{1-2\rho\cos\theta+\rho^2}\,d\theta$$

et

$$I_5 = \frac{1}{\pi\rho^{n-1}}\int_{\theta_1}^{\pi} F(\rho,\theta)\frac{\sin\theta\sin n\theta}{1-2\rho\cos\theta+\rho^2}\,d\theta;$$

θ_1 est déterminé par l'équation $\sin\frac{\theta_1}{2} = \frac{1-\rho}{2\sqrt{\rho}}$, $0 < \theta_1 < \frac{\pi}{2}$.

Quant à l'intégrale I_4, on a

$$|I_4| < \frac{2M(\rho)}{\pi\rho^{n-1}}\frac{1}{2\rho}\left\{ l\left[(1-\rho)^2 + 4\rho\sin^2\frac{\theta}{2}\right]\right\}_0^{\theta_1} < \frac{l\,2}{\pi\rho^n}M(\rho).$$

Nous allons comparer l'intégrale I_5 à la suivante :

$$I_6 = \frac{1}{\pi\rho^{n-1}}\int_{\theta_1}^{\pi} F(\rho,\theta)\frac{\cos\frac{\theta}{2}\sin n\theta}{2\sin\frac{\theta}{2}}\,d\theta.$$

Faisons la différence $I_5 - I_6$. On trouve

$$I_5 - I_6 = \frac{2}{\pi\rho^{n-1}} \int_{\theta_1}^{\pi} F(\rho, \theta) \cos\frac{\theta}{2} \sin n\theta \frac{4(1-\rho)\sin^2\frac{\theta}{2} - (1-\rho)^2}{4\sin\frac{\theta}{2}\left[(1-\rho)^2 + 4\rho\sin^2\frac{\theta}{2}\right]} d\theta.$$

Nous divisons l'intégrale du second membre de cette équation en deux autres dont l'une sera prise entre les limites θ_1 et θ_2, et l'autre entre les limites θ_2 et π, où θ_2 est déterminé par l'équation $\sin\frac{\theta_2}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{1-\rho}$, $0 < \theta_2 < \frac{\pi}{2}$. Pour la première de ces deux intégrales, on a

$$\left|\frac{2}{\pi\rho^{n-1}} \int_{\theta_1}^{\theta_2}\right| < \frac{2\sqrt{\rho}(1-\rho)}{\pi\rho^{n-1}} M(\rho) \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\cos\frac{\theta}{2}\,d\theta}{4\rho\sin^2\frac{\theta}{2}} < \frac{2M(\rho)}{\pi\rho^{n-1}}.$$

Quant à l'autre des intégrales en question, on trouve

$$\left|\frac{2}{\pi\rho^{n-1}} \int_{\theta_2}^{\pi}\right| < \frac{4M(\rho)}{\pi\rho^{n-1}} \int_{\theta_2}^{\pi} \cos\frac{\theta}{2} \frac{4(1-\rho)\sin^2\frac{\theta}{2} - (1-\rho)^2}{8\rho\sqrt{1-\rho}\sin^2\frac{\theta}{2}} < \frac{4\sqrt{1-\rho}}{\pi\rho^n} M(\rho).$$

Il nous reste alors à étudier l'intégrale I_6 qu'on peut mettre sous la forme

$$I_6 = \frac{1}{2\pi\rho^{n-1}} \int_{\frac{\theta_1}{2}}^{\frac{\pi}{2}} [A(\rho, 2\theta) + A(\rho, -2\theta)] \frac{\sin(2n+1)\theta + \sin(2n-1)\theta}{\sin\theta} d\theta.$$

Mais il est bien connu que cette intégrale tend vers zéro quand on fait augmenter n indéfiniment, quelle que soit la valeur de ρ inférieure à l'unité (*voir*, par exemple, Picard, *Traité d'analyse*, t. I, 1901, p. 242). Il s'ensuit qu'on peut poser

$$I_6 = \frac{1}{2\pi\rho^{n-1}} \varepsilon_1(n),$$

en désignant par $\varepsilon_1(n)$ une quantité qui tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$. En réunissant les résultats obtenus, on trouve

$$(5) \qquad |I_3| < \frac{3}{\rho^n} M(\rho) + \frac{1}{2\pi\rho^{n-1}} \varepsilon_1(n),$$

et en substituant les limites supérieures (3), (4) et (5) dans l'équation (2),

on arrive au résultat

$$|\alpha_n| < \frac{5}{\rho^{n+1}}[M(\rho) + \varepsilon_2(n)], \qquad \varepsilon_2(n) \text{ tend vers zéro avec } \frac{1}{n}.$$

Pour la quantité β_n, on obtient par le même procédé une limite supérieure analogue à la limite obtenue pour $|\alpha_n|$, et il en résulte par rapport à $C_n = \alpha_n + i\beta_n$ le théorème que nous avons énoncé au commencement de cette Note et dont nous ferons plus tard une application sur la théorie des nombres.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les représentations générales des fonctions.* Note de M. L. **Desaint**, présentée par M. Émile Picard.

Dans une précédente Communication, j'ai donné ce théorème sans démonstration :

Toute fonction holomorphe dans une aire convexe y est développable en somme d'exponentielles, et son corollaire s'en déduisait tout de suite :

Toute fonction holomorphe dans une aire convexe y admet un développement trigonométrique.

C'est par des intégrales et non par des séries que sont d'ailleurs donnés ces développements.

On peut aller beaucoup plus loin dans la représentation des fonctions et faire usage, non seulement d'exponentielles ou de fonctions entières, mais encore des fonctions presque aussi compliquées qu'on le veut à distance finie ; je me bornerai cependant au simple énoncé que voici, qu'on peut élargir sans difficultés :

Toute fonction holomorphe dans une aire convexe y est développable en somme de fonctions de la forme $V(\beta x)$, si $V(u)$ est holomorphe dans le demi-plan à gauche de l'axe des quantités imaginaires et s'annule à l'infini (dans ce demi-plan) au moins aussi rapidement que

$$\frac{1}{u^{1+k}} \quad (k > 0).$$

En effet :

Dans une aire convexe A limitée par un contour C, nous pouvons écrire

$$f(x) = \frac{1}{2\pi i}\int \frac{f(z)\,dz}{z - x}.$$

Soit φ l'angle de la tangente au contour C, dirigée dans le sens direct, avec l'axe Oy des quantités purement imaginaires.

La quantité

$$(z - x)\, e^{-i\varphi}$$

a sa partie réelle positive, quel que soit z sur C et quel que soit x à l'intérieur de C : c'est un lemme que nous allons démontrer en faisant voir que multiplier $(z - x)$ par $e^{-i\varphi}$ revient à faire tourner le vecteur $\overrightarrow{xz}$ autour de z d'un angle $-\varphi$; le contour C dans cette rotation apparaîtrait à gauche de sa tangente en z devenue parallèle à l'axe Oy dans les mêmes conditions.

Le vecteur $\overrightarrow{xz}$ dans sa nouvelle position est dirigé vers le demi-plan, à droite de la tangente en z, et sa projection sur l'axe réel est évidemment positive.

Appelons α, alors, un point quelconque du demi-plan à droite de l'axe des quantités imaginaires, c'est le point représentatif d'une quantité ayant sa partie réelle positive. Si t désigne une variable réelle négative, $(t\alpha)$ décrira la demi-droite OD dans le demi-plan à gauche de l'axe des quantités imaginaires quand t varie de o à $-\infty$. Nous pourrons écrire

$$\int_{\text{OD}} \mathrm{V}(u)\, du = \int_0^{-\infty} \mathrm{V}(x)\, dx = \mathrm{M} \neq 0.$$

Je suppose M différent de zéro ; c'est une condition réalisée d'elle-même dans les cas les plus généraux de $\mathrm{V}(u)$.

Pour démontrer l'égalité précédente, il suffirait d'intégrer $\mathrm{V}(u)$ le long d'un contour formé des demi-droites OD, OX (axe des quantités réelles négatives) liées par un arc de cercle de centre O et de rayon R très grand et de faire croître R en tenant compte de la condition que $\mathrm{V}(u)$ décroît à l'infini plus vite que

$$\frac{1}{u^{1+k}} \qquad (k > 0).$$

L'intégrale prise le long de l'arc de cercle tendrait vers zéro.

Alors

$$\int_{\text{OD}} \mathrm{V}(u)\, du = \mathrm{M},$$

M étant une constante quand OD varie, c'est-à-dire quand α prend toutes ses valeurs en gardant sa partie réelle positive.

Mais

$$\int_0^{-\infty} \mathrm{V}(\alpha t)\,dt = \frac{1}{\alpha}\int_{\mathrm{OD}} \mathrm{V}(u)\,du = \frac{\mathrm{M}}{\alpha}$$

et

$$\int_0^{-\infty} \mathrm{V}[(z-x)e^{-i\varphi}t]\,dt = \frac{\mathrm{M}}{(z-x)e^{-i\varphi}}.$$

Donc

$$f(x) = \frac{\mathrm{M}}{2\pi i}\int_{\mathrm{C}} f(z)e^{-i\varphi}\,dz \int_0^{-\infty} \mathrm{V}[(z-x)e^{-i\varphi}t]\,dt,$$

où φ ne dépend que de z.

En prenant

$$\mathrm{V}(u) = e^u, \qquad \mathrm{M} = -1,$$

on trouve la représentation exponentielle

$$f(x) = -\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{C}} f(z)e^{-i\varphi}\,dz \int_0^{-\infty} e^{(z-x)e^{-i\varphi}t}\,dt,$$

représentation dont j'ai tiré des théorèmes généraux sur les points singuliers des séries de Taylor (*Annales de l'École Normale*, 1903).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines singularités des équations différentielles*. Note [1] de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. Émile Picard.

1. L'étude d'un système d'équations différentielles ordinaires du premier ordre dans les points où les coefficients différentiels deviennent indéterminés peut être, dans un grand nombre de cas, ramené à l'étude de

$$(1)\quad \begin{cases} x^m \dfrac{dy_i}{dx} - \lambda_i y_i = f_0^{(i)}(x) + y_1 f_1^{(i)}(x) + y_2 f_2^{(i)}(x) + \ldots + y_n f_n^{(i)}(x) + \ldots \\ \qquad\qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \end{cases}$$

les seconds termes étant de degré supérieur au premier et holomorphes dans le voisinage de l'origine. Le nombre positif entier m peut être $\gtreqless 1$; nous allons traiter le cas $m > 1$, jusqu'ici très peu étudié, et démontrer que le système (1) sera satisfait par

$$y_i = \varphi_1^{(i)} + \varphi_2^{(i)} + \ldots + \varphi_p^{(i)} + \ldots \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

[1] Présentée dans la séance du 17 mai 1909.

les φ_i étant certaines fonctions de x s'annulant avec x (x restant positif) et contenant ν constantes arbitraires, ν étant le nombre des λ avec la partie réelle positive. Pour cela considérons

$$(1^a)\quad x^m\frac{dy_i}{dx}-\lambda_i y_i=\omega[f_0^{(i)}+y_1 f_1^{(i)}+y_2 f_2^{(i)}+\ldots+y_n f_n^{(i)}+\ldots]\qquad (i=1,2,\ldots,n),$$

qui coïncide avec (1) pour $\omega=1$. Posons

$$y_i=\omega\,\varphi_1^{(i)}+\omega^2\varphi_2^{(i)}+\ldots\qquad (i=1,2,\ldots,n)$$

et comparons les termes de ω^p :

$$(1^b)\quad \left\{ x^m\frac{d\varphi_p^{(i)}}{dx}-\lambda_i\varphi_p^{(i)}=\Phi_p^{(i)}\quad \text{ou}\quad \varphi_p^{(i)}=e^{-\frac{\lambda_i}{m-1}\frac{1}{x^{m-1}}}\int_{x_i}^{x}\Phi_p^{(i)}e^{\frac{\lambda_i}{m-1}\frac{1}{x^{m-1}}}\frac{dx}{x^m}\right.$$
$$(i=1,2,\ldots,n),$$

$\Phi_p^{(i)}$ étant rationnelle en $\varphi_1^{(i)}, \varphi_2^{(i)}, \ldots, \varphi_{p-1}^{(i)}$ $(i=1,2,\ldots,n)$ et x_i une constante égale à zéro ou différente de zéro suivant que la partie réelle a_i de λ_i est négative ou positive. Nous ne considérons que des valeurs positives de x et x_i et $x_i>x$ lorsque $x_i\neq 0$. En appliquant de proche en proche la formule de la moyenne aux expressions de $|\varphi_p^{(i)}|$, nous avons, en remplaçant dans (1^b) les coefficients par leurs valeurs absolues et λ_i par la partie réelle a_i,

$$|\varphi_p^{(i)}|\leqq\left|\frac{1}{a_i}\Phi_p^{(i)}(\xi)\left[-1+e^{-\frac{-a_i}{m-1}\left(\frac{1}{x^{m-1}}-\frac{1}{x_i^{m-1}}\right)}\right]\right|<\left|\frac{2}{a_i}\Phi_p^{(i)}(\xi)\right|\qquad \begin{pmatrix} i=1,2,\ldots,n\\ p=1,2,\ldots\end{pmatrix},$$

en faisant x et x_i suffisamment petits ($x_i>x$), ξ étant une quantité entre x et x_i. Donc, en posant

$$\frac{2}{a_i}\Phi_p^{(i)}(\xi)=R_p^{(i)},$$

il suffit de démontrer la convergence des développements

$$(2)\qquad \omega R_1^{(i)}+\omega^2 R_2^{(i)}+\ldots+\omega^p R_p^{(i)}+\ldots\qquad (i=1,2,\ldots n)$$

pour ξ suffisamment petit. Comparant les séries (2) avec les séries

$$\gamma_i=\omega\,\theta_1^{(i)}+\omega^2\theta_2^{(i)}+\ldots\qquad (i=1,2,\ldots,n)$$

satisfaisant le système d'équations

$$\beta_i Y_i=2\omega[F_0^{(i)}+Y_1F_1^{(i)}+\ldots+Y_nF_n^{(i)}+\ldots]\qquad (i=1,2,\ldots,n),$$

les F étant des fonctions holomorphes de ξ majorantes pour les fonctions

correspondantes f du système (1) et

$$F_0^{(i)} = F_1^{(i)} = \ldots = F_n^{(i)} = 0$$

pour $\xi = 0$. La fonction $\theta_p^{(i)}$ peut être trouvée en comparant les termes ω^p et nous trouverons une expression tout à fait analogue à l'expression de $R_p^{(i)}$, où seulement les fonctions f seront remplacées par les fonctions majorantes F.

2. Soit f une fonction holomorphe de $x, y, y', \ldots, y^{(n-1)}$ dans le voisinage de o, $y_0, y'_0 \ldots, y_0^{(n-1)}$ et nulle dans ce point, et considérons l'équation

$$(3) \qquad x^m \frac{d^n y}{dx^n} = f(x, y, y', \ldots, y^{(n-1)}) \qquad (m \text{ entier positif} > 1, \quad n > 1).$$

Si nous posons

$$y^{(i)} = y_0^{(i)} + z_i \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n-1),$$

l'équation (3) sera

$$(3^a) \qquad \begin{cases} \dfrac{dz_i}{dx} = y_0^{(i+1)} + z_{i+1} \qquad (i = 0, 1, \ldots, n-2), \\ x^m \dfrac{dz_n}{dx} = a_0 z_0 + a_1 z_1 + \ldots + a_{n-1} z_{n-1} + \ldots. \end{cases}$$

Les termes non écrits d'après le dernier signe + étant de degré supérieur au premier. Multiplions ces équations respectivement par $A_0 x^m$, $A_1 x^m, \ldots, A_{n-2} x^m, A_{n-1}$, et ajoutons en posant

$$A_0 z_0 + A_1 z_1 + \ldots + A_{n-1} z_{n-1} = Z_n$$

et

$$(a_0 z_0 + a_1 z_1 + \ldots + a_{n-1} z_{n-1}) A_{n-1} = \lambda Z_{n-1},$$

d'où en posant

$$A_{n-1} = 1, \qquad \lambda = a_{n-1}, \qquad A_i = \frac{a_i}{a_{n-1}} \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n-2),$$

et le système (3^a) sera remplacé par un système de la forme (en appliquant maintenant la lettre y)

$$\frac{dy_i}{dx} = (a_0^{(i)} + y_1 a_1^{(i)} + \ldots + y_n a_n^{(i)}) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$
$$x^m \frac{dy_n}{dx} - \lambda y_n = f_0(x) + y_1 f_1(x) + \ldots,$$

les a étant des constantes et le second terme de la dernière équation étant

de degré supérieur au premier. Multiplions les seconds termes par ω; le système sera alors satisfait par

$$y_i = \omega\varphi_1^{(i)} + \omega^2\varphi_2^{(i)} + \ldots \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

car en comparant les termes de ω^p nous avons, comme dans le n° 1,

$$\varphi_p^{(n)} = e^{-\frac{\lambda}{m-1}\frac{1}{x^{m-1}}} \int_{x_0}^{x} \Phi_p^{(n)} e^{\frac{\lambda}{m-1}\frac{1}{x^{m-1}}} \frac{dx}{x^m}, \qquad \varphi_p^{(i)} = \int_0^x \Phi_p^{(i)}\, dx \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$

x étant égal à zéro ou différent de zéro suivant que la partie réelle a de λ est négative ou positive. Exactement comme dans le n° 1, nous trouverons de proche en proche

$$|\varphi_p^{(n)}| < \left|\frac{2}{a}\Phi_p^{(n)}(\xi)\right|, \qquad |\varphi_p^{(i)}| < |\xi\Phi_p^{(i)}(\xi)| \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$

ξ étant compris entre les quantités positives x et x_0 ($x = x_0$ lorsque $x_0 \neq 0$). Posons

$$R_p^{(n)} = \frac{2}{a}\Phi_p^{(n)}(\xi), \qquad R_p^{(i)} = \xi\Phi_p^{(i)}(\xi) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1);$$

il suffit donc de démontrer la convergence de $\omega R_1^{(i)} + \omega^2 R_2^{(i)} + \ldots$ pour ξ suffisamment petit. Pour cela on comparera, avec un système de la forme

$$Y_i = \omega(K + KY_1 + \ldots + KY_n)\xi \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$
$$Y_n = 2\omega(F_0 + F_1Y_1 + \ldots + F_nY_n + \ldots),$$

K positif $> |a_h^{(i)}|$ et les F des fonctions majorantes des fonctions correspondantes f, et $F_0 = F_1 = \ldots = F_n = 0$ pour $\xi = 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du second ordre à points critiques fixes.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Paul Painlevé.

M. Painlevé et M. Gambier à sa suite ont déterminé toutes les équations du second ordre à points critiques fixes de la forme

(1) $$y'' = R(y', y, x),$$

R étant rationnel en y', algébrique en y et analytique en x. Toutes ces équa-

tions sont intégrables, réductibles aux équations linéaires, ou se ramènent algébriquement à l'un des six types (*Comptes rendus*, 24 décembre 1906) :

$$
(\mathrm{I}) \quad \left\{
\begin{aligned}
y'' &= 6y^2 + x, \\
y'' &= 2y^3 + xy + \alpha, \\
y'' &= \frac{y'^2}{y} - \frac{y'}{x} + \frac{1}{x}(\alpha y^2 + \beta) + \gamma y^3 + \frac{\delta}{y}, \\
y'' &= \frac{y'^2}{2y} + \frac{3y^3}{2} + 4xy^2 + 2(x^2 - \alpha)y + \frac{\beta}{y}, \\
y'' &= y'^2\left(\frac{1}{2y} + \frac{1}{y-1}\right) - \frac{y'}{x} + \frac{\alpha y(y-1)^2}{x^2} \\
&\quad + \frac{\beta(y-1)^2}{x^2 y} + \frac{\gamma y}{x} + \frac{\delta y(y+1)}{y-1}, \\
y'' &= \frac{y'^2}{2}\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{y-1} + \frac{1}{y-x}\right) - \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x-1} + \frac{1}{y-x}\right)y' \\
&\quad + \frac{y(y-1)(y-x)}{x^2(x-1)^2}\left[\alpha + \frac{\beta x}{y^2} + \frac{\gamma(x-1)}{(y-1)^2} + \frac{\delta x(x-1)}{(y-x)^2}\right].
\end{aligned}
\right.
$$

Cette dernière équation dépend de quatre paramètres arbitraires α, β, γ, δ et les cinq autres en sont des dégénérescences. M. Painlevé a montré qu'effectivement ces six équations ont leurs points critiques fixes et qu'elles sont absolument irréductibles au sens de M. Drach, sauf pour des valeurs exceptionnelles des paramètres.

Je me suis proposé d'étudier différentes classes d'équations à points critiques fixes du second ordre et du second degré en y'' (¹),

$$
(2) \qquad y'' = A_1 y'^2 + A_2 y' + A_3 + \sqrt{A_4 y'^4 + A_5 y'^3 + A_6 y'^2 + A_7 y' + A_8},
$$

les A désignant des fonctions algébriques en y de genre 0 ou 1, à coefficients analytiques en x, et surtout de rechercher de nouvelles équations irréductibles.

On classe ces équations au moyen de leurs simplifiées : la simplifiée de l'équation (2) est l'équation

$$
y'' = y'^2\left[A_1(y, x_0) + \sqrt{A_4(y, x_0)}\right],
$$

qui doit avoir son intégrale générale uniforme.

(¹) M. Gambier a commencé cette étude (*Comptes rendus*, 29 janvier 1906).

J'ai considéré les classes d'équations extrêmes, c'est-à-dire admettant les simplifiées les plus simples et les plus compliquées, à savoir les simplifiées

$$y'' = 0,$$

$$y'' = \frac{y'^2}{2} \sum_{i=1}^{i=4} \frac{1}{y - a_i},$$

$$y'' = \frac{y'^2}{4} \sum_1^8 \frac{1}{y - a_i} \pm \frac{y'^2}{4} \left(\sum_1^4 \frac{1}{y - a_i} - \sum_5^8 \frac{1}{y - a_i} \right),$$

les a_i désignant des constantes toutes différentes et la classe d'équations dont les coefficients A sont de genre 1. Et je suis arrivé à la conclusion suivante :

Toutes celles de ces équations dont l'intégrale générale a ses points critiques fixes sont intégrables, réductibles aux équations linéaires, ou sont des transformées algébriques des équations (I).

Ceci ne suffit pas à établir que les classes d'équations considérées n'introduisent pas de transcendantes nouvelles. J'ai obtenu en effet des équations réductibles à un système linéaire dont les coefficients sont formés rationnellement avec ceux de l'équation et leurs dérivées ; mais ces coefficients doivent satisfaire à des équations différentielles d'ordres variés (3, 4, 7). Bien que je n'aie pas intégré toutes ces équations, il apparaît comme vraisemblable qu'elles ne définissent pas de fonctions nouvelles.

Parmi les transformées algébriques des équations (I), il en est d'intéressantes, par exemple les deux groupes suivants [1] :

$$\text{(II)} \quad \begin{cases} y'' = 6y^2 + \alpha + x\sqrt{y'^2 - 4y^3 - 2\alpha y - \beta}, \\ y'' = 2y^3 + \alpha y + \beta + 2i(y - e^x)\sqrt{y'^2 - y^4 - \alpha y^2 - 2\beta\gamma - \gamma}, \\ y'' = \alpha y + \beta + 2\dfrac{y}{x}\sqrt{y'^2 - \alpha y^2 - 2\beta y - \gamma}, \\ y'' = 6y^2 + \alpha y + \beta + \dfrac{2}{x}\left(y - \dfrac{x^2}{2}\right)\sqrt{y'^2 - 4y^3 - \alpha y^2 - 2\beta y - \gamma}, \\ y'' = 2y^3 + \alpha y + \beta + 2\,\mathrm{tang}\,x\left(y - \dfrac{\delta}{\sin x}\right)\sqrt{y'^2 - y^4 - \alpha y^2 - 2\beta y - \gamma}. \end{cases}$$

---

[1] Les équations du troisième ordre que j'ai considérées (*Comptes rendus*, 16 décembre 1907) se ramènent au second ordre, et précisément à la forme (III).

et

$$
\text{(III)}\quad \left\{
\begin{aligned}
&y''^2 + 4y'^3 + 2(xy' - y) = 0,\\
&y''^2 + 4y'^3 + xy'^2 - yy' + \alpha = 0,\\
&y''^2 + 4y'^3 + (xy' - y)^2 + \alpha y' + \beta = 0,\\
&\left(y'' - \frac{2y}{x^2}\right)^2 + 4\left(y' - \frac{2y}{x}\right)\left(y' + \frac{y}{x}\right)^2\\
&\qquad + \alpha x^2 (xy' - 2y)^2 + \beta x (xy' - 2y) + \frac{\gamma}{x^2}(xy' + y) + \delta = 0,\\
&[y'' - 2\wp(x, 0, 1) y]^2 + 4y'^3 - 12\wp y^2 y' + 4\wp' y^3\\
&\qquad + \alpha(\wp y'^2 - \wp' y y' + \wp^2 y^2) + H y' - H' y + \delta = 0,\\
&H = \beta \frac{\sigma(x+h)}{\sigma x} e^{-x\zeta h} + \gamma \frac{\sigma(x-h)}{\sigma x} e^{x\zeta h}, \qquad \wp(h, 0, 1) = 0.
\end{aligned}
\right.
$$

Dans chacun de ces groupes, toutes les équations sont des dégénérescences de la dernière. La forme des équations (III) est particulièrement propre à l'étude de la croissance de leurs intégrales, du genre et de l'ordre des fonctions entières qu'on peut y rattacher. Les intégrales générales des équations (III) n'ont comme points singuliers mobiles que des pôles simples de résidu 1 : pour ces intégrales, la fonction $u = e^{\int y dx}$ est donc régulière en dehors des points singuliers du coefficient différentiel. Elle est entière de genre fini pour les trois premières équations; elle devient entière de genre infini pour la quatrième, après le changement de variable $x = e^{\xi}$. Pour la dernière, la fonction u admet comme points singuliers les pôles de $\wp(x)$; si l'on prend la nouvelle variable $X = 4\wp^3(x)$, u n'a comme singularités dans le plan des X que les trois points 0, 1, ∞; et par le nouveau changement de variable $X = \varphi(\xi)$, φ désignant la fonction modulaire, u devient une fonction de ξ holomorphe au-dessus et au-dessous de l'axe réel, qui est une coupure essentielle.

M. Painlevé avait signalé cette sorte de transformée algébrique pour les trois premières équations (I).

GÉOGRAPHIE. — *La Carte de reconnaissance de la région du Chari.* Note de M. G. **Bruel**, présentée par M. Bouquet de la Grye.

En 1904, le commissaire général du Congo français, Gentil, chargea l'administrateur Bruel, ancien commandant de la région du Chari, de dresser une Carte des territoires qu'il venait d'administrer et fit ensuite éditer cette Carte en 1907 à l'échelle du $\frac{1}{200000}$.

Les 19 feuilles qu'elle comporte ont été publiées, par le Service géographique du Ministère des Colonies, en trois couleurs, et une Note de 40 pages, indiquant comment cette Carte de reconnaissance a été construite, a paru dans la *Revue coloniale* de 1908 (N°s 64 et 65 nouvelle série).

Le pays ainsi cartographié a la forme d'un triangle dont la base est formée par le 10e degré de latitude Nord entre les méridiens 13°10′ et 18°50′ Est, pendant que le sommet, qui lui est opposé, est Bangui, par 4°21′ de latitude Nord et 16°16′ de longitude Est. La superficie ainsi représentée est d'environ 185000$^{km^2}$.

Le canevas de cette Carte est formé par 150 latitudes, obtenues par des observations de circumméridiennes d'étoiles et 96 longitudes, qui résultent de transport de temps, faits au moyen de deux ou trois montres de torpilleur. Presque toujours l'administrateur Bruel, qui a déterminé la majeure partie de ces coordonnées géographiques, a pu faire des circuits fermés, qui n'ont pas duré plus d'une dizaine de jours.

Des hauteurs égales de Lune et d'étoiles observées à l'embouchure du Bahr-Sara, à Pébo et à Fort-Crampel, ont servi à déterminer des longitudes absolues.

Le système adopté pour les longitudes, après liaison et comparaison avec les résultats de la mission saharienne à Fort-Lamy et de l'enseigne de vaisseau Dyé dans l'Oubangui (mission Marchand), est assez exact, puisque la mission Moll déplace vers l'Ouest Damtar seulement de 4′41″, Laï de 4′28″ et Gourgara Plimouta de 4′42″. Il y a donc une erreur systématique, qui n'est pas exagérée, si l'on songe aux méthodes et aux instruments employés. Les officiers de la mission Moll ont eu la bonne fortune de pouvoir faire des observations plus précises que les nôtres, puisqu'ils ont pu observer en divers points des occultations d'étoiles.

Toutes les observations faites par l'administrateur Bruel ont été réduites à nouveau par le Bureau des Longitudes de façon à diminuer les chances d'erreur de calcul.

Au cours des années 1899-1904 nous avons déterminé 20 déclinaisons en divers points de la région du Chari et la comparaison des résultats obtenus avec ceux donnés par Lauzière en 1890 à Bangui montre que la variation annuelle est voisine de 7′.

De nombreuses cotes d'altitude ont été déterminées au moyen d'observations barométriques faites en cours de route au moyen de baromètres holostériques. Des barographes Richard et des baromètres Fortin, observés à Fort Crampel et à Fort Archambault pendant une année, ont permis de calculer des altitudes absolues par rapport à Libreville et Duala (Kamerun) avec assez d'exactitude, puisque les résultats obtenus ne diffèrent que de 5^{m}. Nous avons trouvé en effet : Fort Crampel — rade de Libreville 450^{m} et Fort Crampel — rade de Duala 445^{m}.

Toutes les cotes ont été calculées par rapport à ces points principaux au moyen d'observations simultanées des anéroïdes et des barographes. Comme les perturbations de la pression atmosphérique sont rares et faibles dans l'Afrique équatoriale, nous estimons que les altitudes données sont exactes à 35^m ou 40^m près.

Les documents topographiques utilisés sont ceux qui ont été exécutés par 65 fonctionnaires, officiers ou commerçants, qui ont parcouru le pays de 1896 à 1904. Aucun d'entre eux n'était chargé spécialement de faire de la topographie, mais tous ont considéré qu'il était de leur devoir de faire ce travail supplémentaire. En pays inconnu n'est-il pas indispensable de recueillir aussitôt que possible les éléments permettant de dresser une première Carte.

Telle est, avec toutes les imperfections que présente une œuvre hâtive, la première Carte détaillée, embrassant une région un peu vaste, que la colonie du Congo français vient de faire éditer. On a compris enfin que pour mettre en valeur un pays où abondent les richesses latentes, pour y entreprendre de grands travaux publics il fallait tout d'abord dresser une Carte de reconnaissance à grande échelle et ne plus se contenter de simples itinéraires publiés isolément ou restant même souvent inutiles dans des cartons où ils sont inconnus de tous. Le canevas d'une telle Carte ne pouvait être établi par triangulation à cause de la grande forêt ou de la brousse, qui rendrait un tel travail fort long et fort coûteux; aussi fallait-il s'adresser à l'astronomie de campagne pour asseoir les travaux topographiques exécutés. Aussi ce sont ces méthodes astronomiques qu'on va continuer à employer pour poursuivre et achever la Carte du Congo français à grande échelle.

NAVIGATION. — *Sur un compas enregistreur.* Note de M. **Heit**, présentée par M. Bouquet de la Grye.

La justification exacte de la route suivie par un navire est, au plus haut point, une donnée intéressante. L'appareil ici décrit a pour but d'inscrire automatiquement les allures de marche, les écarts, les évolutions en un mot d'un navire et de pouvoir par suite les contrôler.

Le mécanisme de cet appareil est simple, robuste, stable; il se compose de trois parties distinctes : le compas (A), les organes enregistrants, l'appareil enregistreur (B).

I. Le compas comprend une colonne en bois contenant le collecteur des courants électriques servant à transmettre à l'enregistreur les indications

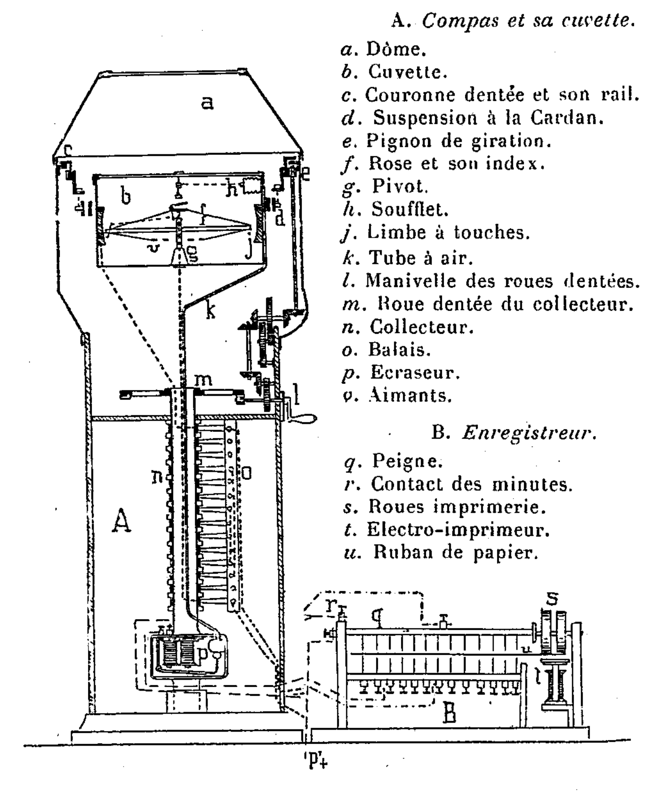
de la boussole. Cette colonne est surmontée d'un dôme en cuivre abritant la cuvette où sont logés la rose et ses aimants directeurs. La cuvette en cuivre est suspendue dans le dôme par un joint à la Cardan.

A la partie inférieure de la colonne se trouve un électro-aimant commandé par l'enregistreur et exerçant à intervalles de temps égaux une pression sur une poire en caoutchouc P. Au-dessus sont disposés des aimants correcteurs servant à la compensation du collecteur électrique (*n*).

On peut, par un jeu d'engrenage et de pignons (*l*,*e*), faire exécuter en même temps une égale rotation à la cuvette et au collecteur électrique qui lui-même est mobile autour de son axe pour transmettre les indications de la rose quand on modifie l'orientation du compas dans les changements de direction.

Dans la cuvette se trouvent la rose (*f*) et les aimants directeurs (*v*).

La rose a la particularité d'être mobile autour d'un axe en acier reposant sur une agate fixe noyée dans le mercure (voir la figure).



A. *Compas et sa cuvette.*

a. Dôme.
b. Cuvette.
c. Couronne dentée et son rail.
d. Suspension à la Cardan.
e. Pignon de giration.
f. Rose et son index.
g. Pivot.
h. Soufflet.
j. Limbe à touches.
k. Tube à air.
l. Manivelle des roues dentées.
m. Roue dentée du collecteur.
n. Collecteur.
o. Balais.
p. Ecraseur.
v. Aimants.

B. *Enregistreur.*

q. Peigne.
r. Contact des minutes.
s. Roues imprimerie.
t. Electro-imprimeur.
u. Ruban de papier.

II. Les mouvements de la boussole sont enregistrés périodiquement par un dispositif ne gênant en rien le jeu des aimants et n'alourdissant pas cette partie délicate.

Le pivot de la rose (g) supporte une petite plate-forme articulée à l'extrémité d'un levier. Cette plate-forme reçoit toutes les minutes le choc d'un poids. Sous l'influence de ce choc, le déplacement du levier fait basculer, par l'intermédiaire d'un renvoi de mouvement, un stylet d'argent qui peut prendre contact avec une série de touches isolées (J) disposées sur un limbe. Les touches du limbe présentent au style mobile la surface d'un segment sphérique ayant comme centre le pivot de la rose. Cette large surface permet d'enregistrer la position de l'index au moment précis où il tombe sur la plate-forme mobile et cela quels que soient les mouvement du navire.

Le poids se soulève dès que la pression ne se maintient plus et la rose, libre de tout contact, peut fournir une nouvelle indication suivant la direction du mouvement.

Toutes les minutes, le poids retombe par la détente du soufflet (F) qui reçoit l'air insufflé venant de la poire (P) comprimée par son électro-aimant.

Pour enregistrer avec une précision suffisante les mouvements de la rose, le limbe, sur lequel vient reposer toutes les minutes le stylet d'argent, est divisé en 13 segments isolés électriquement. 5 de ces segments ont une amplitude de 2°. (Ils servent à marquer les faibles déviations de la marche normale du navire; les autres ont, symétriquement, deux à deux, des amplitudes de 5°, de 35°, 45° et 90°.

Chacun de ces segments isolés constitue, avec le style de la rose quand il les frappe, un circuit électrique fermé sur l'enregistreur par l'intermédiaire du collecteur et des relais.

III. L'enregistrement des différentes manœuvres et les indications périodiques de la boussole se font sur une feuille de papier (u) déroulée avec une vitesse constante par un mouvement d'horlogerie. Cette feuille passe entre les dents de deux peignes métalliques (q). Chaque paire de dents, en regard l'une de l'autre, est en relation avec un des segments isolés du limbe transmetteur des mouvements de la boussole.

Le contact du style, de la rose et du limbe ferme le circuit d'une petite bobine d'induction; l'étincelle jaillit donc entre les dents du peigne en relation avec le segment touché par la rose, et ainsi se trouve perforé le ruban de papier.

En même temps, le mouvement d'horlogerie de l'enregistreur règle, par l'intermédiaire d'un relais, la compression périodique de la poire en caoutchouc logée dans la colonne du compas et commande les contacts.

On multipliera les indications enregistrées en augmentant le nombre de dents perforatrices. Les nouvelles paires de dents peuvent correspondre, soit à un compteur de tours disposé sur l'arbre de l'hélice, soit aux leviers de manœuvre des machines, etc.

On voit, par cette très courte description, que ce dispositif d'enregistrement permet de consigner fidèlement, sur la feuille de papier perforée, les manœuvres les plus importantes et la direction générale du navire.

Ce contrôle constitue une attestation des plus importantes pour la recherche des responsabilités éventuellement mises en jeu dans les multiples accidents de la navigation.

ÉLECTRICITÉ. — *Théorie des décharges discontinues dans les tubes de Geissler.* Note [1] de M. **H.-A. Perkins**, présentée par M. Lippmann.

Pour l'explication partielle du phénomène que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie dernièrement (*Comptes rendus,* 3 mai 1909), il faut tenir compte d'une propriété de ces tubes mal connue, c'est-à-dire de leur capacité. On peut se figurer la cathode comme une des armatures d'un condensateur, l'espace obscur de Crookes, contenant la chute de potentiel cathodique, comme un diélectrique pas très isolant, et tout le reste du tube comme l'autre armature.

Pour faire le calcul, représentons le tube comme une capacité en dérivation avec une grande résistance.

Soient :

E, la force électromotrice des accumulateurs;
R, la résistance extérieure du circuit;
r, la résistance en dérivation avec la capacité;
I, le courant dans le circuit principal;
i_c, le courant qui change la capacité;
i_r, le courant qui passe par la résistance r;
C, la capacité du tube;
V, la différence de potentiel entre les électrodes;
ε, la différence de potentiel minimum pour que la décharge passe dans le tube.

On a

$$\text{(1)} \qquad I = \frac{E - V}{R} = i_c + i_r.$$

Si nous supposons que r reste constant pour de faibles variations du courant dans ce qui suit, on peut aussi écrire

$$\text{(2)} \qquad V = \frac{1}{C}\int i_c\,dt = \frac{1}{C}\int (I - i_r)\,dt = \frac{1}{C}\int \left[I - \left(\frac{V - \varepsilon}{r}\right)\right] dt.$$

---

[1] Présentée dans la séance du 17 mai 1909.

Éliminant v entre (1) et (2) nous avons

$$RI = E - \frac{1}{Cr}\int (rI - E + RI + \varepsilon)\, dt.$$

La différentielle de cette équation est

$$dI + \frac{I}{CrR}(r + R)\, dt = \frac{1}{CrR}(E - \varepsilon)\, dt.$$

Intégrant, et posant $I = \frac{E - V_1}{R}$ quand $t = 0$, où V_1 est la différence de potentiel entre les électrodes au commencement de la charge, on obtient

$$(3) \qquad I = e^{-\left(\frac{r+R}{RCr}\right)t}\left[\frac{Er + R\varepsilon}{R(r + R)} - \frac{V_1}{R}\right] + \frac{E - \varepsilon}{R + r}.$$

En résolvant pour t, on trouve comme valeur du temps pour charger la capacité de V_1 à V_0.

$$(4) \qquad T = \frac{RCr}{R + r}\log_e \frac{rE + R\varepsilon - V_1(r + R)}{rE + R\varepsilon - V_0(r + R)},$$

Pour une valeur du temps infini, un régime s'établirait, et I_∞ deviendrait égal à $\frac{E - \varepsilon}{r + R}$, mais avant d'arriver à cette condition, je suppose que r prend subitement une autre valeur $r' < r$, au moment où le condensateur est chargé à V_0 (une constante caractéristique du tube, dépendant de sa forme, la pression et la nature du gaz, etc.).

Alors, la capacité commence à se décharger et l'on peut faire un calcul analogue au précédent, posant cette fois $i_r = I + i_c$, et quand $t = 0$, $I = \frac{E - V_0}{R}$.

Le courant de décharge I' est donné par la même expression, seulement il faut changer r en r' et V_1 en V_0.

Dans cette expression, quand $t = \infty$, on trouve

$$I'_\infty = \frac{E - \varepsilon}{r' + R},$$

mais le courant n'atteint pas cette valeur. Quand il arrive à $I = \frac{E - V_1}{R}$, je suppose que la résistance du tube reprend sa valeur originale, et l'on recommence avec la période de charge. Le courant I décroît et I' augmente avec le temps, parce que dans l'équation (3) la quantité entre parenthèses est positive ou négative suivant

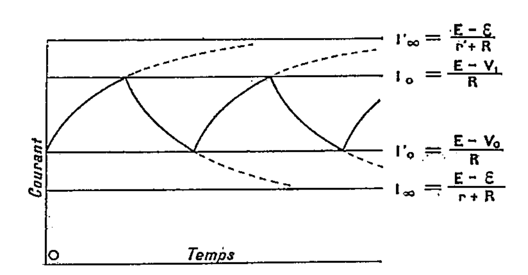
$$V \lessgtr \frac{Er + R\varepsilon}{R + r}.$$

Ainsi I varie entre $\frac{E - V_0}{R}$ et $\frac{E - V_1}{R}$, et ces limites sont comprises entre I_∞ et I'_∞

(calculés plus haut), d'où l'on tire facilement

$$\frac{V_1(R+r')-R\varepsilon}{r'} > E > \frac{V_0(R+r)-R\varepsilon}{r}$$

qui donne les limites entre lesquelles E doit se trouver pour que le son existe. Dans mes observations, il semble que ces limites existent à peu près comme le montre le calcul.



On peut représenter la forme d'un courant tel que j'ai supposé schématiquement, comme le montre la figure. Comme justification expérimentale, je rappelle le fait observé que quand la fréquence est très lente, on constate une vacillation d'une partie de la lumière, tandis que l'autre partie reste tranquille.

Une autre confirmation de la théorie est donnée par l'équation (4). L'expression logarithmique est toujours plus grande que l'unité, parce que $V_1 < V_0$; ainsi il est évident qu'en augmentant E, T doit diminuer et tendre vers zéro quand la fraction tend vers l'unité. Un résultat concordant avec l'expérience.

Encore une confirmation est donnée par la même équation, où l'on trouve que la période doit augmenter avec la capacité; ce que j'ai trouvé en introduisant un condensateur suffisamment grand, en dérivation avec le tube.

Cette variation explique les effets de résonance très curieux que j'ai observés quand le champ était alternatif. Dans ce cas-là, en variant la capacité en dérivation, on constate que l'intensité de la décharge passe par des maxima très nets, et des minima, ou même des extinctions complètes si le champ ne dépasse pas beaucoup le champ explosif.

PHYSIQUE. — *Sur la pression interne dans les gaz.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E.-H. Amagat.

M. Amagat a bien voulu appeler mon attention sur la pression interne dans les gaz, et il a déjà fait connaître quelques-uns des nombres que j'ai

calculés pour faire suite à ceux qu'il avait obtenus par l'étude de ses réseaux d'isothermes (¹). Tandis que les résultats de M. Amagat concernent les très fortes pressions à partir de 50^{atm}, les miens sont relatifs aux pressions inférieures à 3^{atm}.

Soit, conformément à la notation usitée en Thermodynamique,

$$\pi = \mathrm{J}l - p = \mathrm{T}\frac{\partial p}{\partial \mathrm{T}} - p = p(\beta\mathrm{T} - 1); \tag{17}$$

β désigne le coefficient de dilatation en pression $\frac{1}{p}\frac{\partial p}{\partial \mathrm{T}}$ que l'on calcule aisément au moyen des formules (14) et suivantes de ma précédente Communication (²).

On a finalement

$$\beta\mathrm{T} = \frac{1 + \chi\dfrac{e\dfrac{\partial z}{\partial \chi} + e^2\dfrac{\partial u}{\partial \chi}}{10^4 - ez - e^2u}}{1 + 10^4(ez + 2e^2u + e^2z^2.10^{-4})}, \tag{18}$$

χ étant l'inverse de la température réduite, e étant 76 fois la pression réduite, z et u deux fonctions de χ déjà discutées (voir p. 409).

Cette formule ne s'applique, bien entendu, qu'aux gaz de la série normale. Nous avons vu, à propos de AzH^3, comment il faut opérer pour les autres.

I. *Pressions internes de* 18 *gaz dans les conditions normales.* — Dans le Tableau ci-dessous, les gaz sont rangés dans l'ordre des températures critiques, sauf AzH^3, qui n'appartient pas à la série normale :

H	$2,7.10^{-4}$ atm.	Az^2O	191.10^{-4} atm.
Az	24,6 »	C^2H^2	210 »
CO	27,6 »	HCl	204 »
O	27,3 »	C^2Az^2	567 »
AzO	30,6 »	CH^3Cl	631 »
CH^4	48 »	Cl	459 »
C^2H^4	203 »	CH^3AzH^2	647 »
CO^2	170 »	SO^2	617 »
C^2H^6	311 »	AzH^3	377 »

La nature du gaz (masse moléculaire, atomicité, fonction chimique, etc.) n'intervient dans le calcul que par l'intermédiaire des constantes critiques et par le fait que ce gaz appartient ou non à la série normale.

II. *Pour un gaz quelconque, à température constante, la pression interne est en*

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1140.
(²) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1174.

raison inverse du carré du volume spécifique. — Cette loi, qui se manifestait, dans les calculs de M. Amagat, à la limite inférieure de ses Tableaux (50^{atm}), se trouve nettement établie aux pressions de l'ordre de l'atmosphère par les nombres ci-dessous. Dans ce Tableau, v_1 et v_2 désignent les volumes spécifiques du gaz considéré à T° sous les pressions p_1 et p_2, qui sont choisies de manière que $p_2 = 2p_1$ ou $e_2 = 2e_1$. On a calculé x tel que

$$\frac{\pi_2}{\pi_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^x.$$

χ.	e.	$\varphi.10^4$.	$\beta T - 1$.	$\frac{v_2}{v_1}$.	$\frac{\pi_2}{\pi_1}$.	x.
0,5	0,5	9998,5	0,000 68	0,4999	4	1,999
	1	9997	0,001 36	0,4998	4,015	2,005
	2	9994	0,002 73			
1	0,5	9977	0,005 83	0,4989	4,048	2,010
	1	9954	0,011 80	0,4977	4,174	2,048
	2	9908	0,024 63			
1,5	0,5	9902	0,026 25	0,4949	4,066	1,994
	1	9801	0,053 36	0,4892	4,130	1,985
	2	9590	0,110 18			

La valeur $x = 2,048$ la plus éloignée de 2 concernerait par exemple CO^2 à 30° entre 1^{atm} et 2^{atm}. Il suffirait, pour le ramener à 2, de diminuer de 3.10^{-6}, c'est-à-dire de moins de $\frac{1}{1000}$ de sa valeur, le coefficient de dilatation de ce gaz à 30° sous 2^{atm}. On ne doit attacher aucune importance à un écart de cet ordre ; car, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, l'écart entre les nombres de Regnault et de Chappuis relatifs à ce gaz est 8 fois plus fort.

Je trouve même ici, au contraire, un contrôle précieux de l'ensemble de mes coefficients de dilatation, et par conséquent de mes densités et compressibilités, qui en sont la base expérimentale.

III. *Gaz ammoniac et méthylamines.* — J'ai calculé les pressions internes de ces gaz à 15°, sous la pression normale ; puis je les ai ramenées au même volume en appliquant la loi précédente, c'est-à-dire en les multipliant par φ^2 :

	$\varphi.10^4$.	$\beta T - 1$.	$p(\beta T - 1) \times \varphi^2$.	π calc.	Diff.
AzH^3..........	9882	0,03116	$30,4.10^{-3}$ atm.	»	»
CH^3AzH^2......	9797	0,05412	51,9 »	51,5	+0,4
$(CH^3)^2AzH$....	9718	0,07538	71,2 »	72,6	−1,3
$(CH^3)^3Az$......	9617	0,10226	94,6 »	93,7	+0,7

On voit que *chaque substitution de* CH^3 *à* H *amène une augmentation de la pression interne de* 21,1 *millièmes d'atmosphère*. Les différences entre les nombres de l'avant-dernière colonne (π calc.) obtenus en ajoutant successivement 21,1 au nombre précédent et ceux de la précédente sont imputables notamment à la connaissance insuffisante des constantes critiques.

IV. *Acétylène et benzène.* — L'attraction entre molécules, qui produit la pression interne, est, d'après ce qui précède, en raison inverse de la quatrième puissance de leur distance moyenne. On serait porté à supposer cette attraction proportionnelle au carré de la masse des molécules. Mais notre premier Tableau ne montre aucune relation de cette sorte.

J'ai calculé néanmoins les pressions internes de l'acétylène et de son trimère, le benzène, tous deux normaux, à la même température ($t = 129°,6$) et sous la pression atmosphérique, puis je les ai multipliées par φ^2 pour les rendre comparables. Les nombres trouvés sont :

	$\beta T - 1$.	$\varphi.10^4$.	$p(\beta T - 1) \times \varphi^2$.	Rapport.
C^6H^6...........	$55,66.10^{-3}$	9801	$53,47.10^{-3}$ atm.	10,1
C^2H^2...........	5,29	9979	5,27	

On voit que le rapport 10,1 des pressions internes n'est pas très éloigné du rapport 9 des carrés des masses moléculaires. On pourrait même justifier qualitativement cet écart en observant qu'on ne peut pas comparer les actions réciproques de molécules plus ou moins complexes à des actions entre points matériels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solubilité du sulfate de plomb.* Note [1] de M. J. SEHNAL, présentée par M. H. Le Chatelier.

La solubilité du sulfate de plomb dans l'eau a été observée pour la première fois par Frézénius [2] en 1846, ensuite par Rodwell [3] et Kremers [4].

Les nombres 0,037 $PbSO^4$ dissous par 1000^{cm^3}, ou une partie dans 22816 parties d'après Frézénius, et 0,0315 $PbSO^4$ par 1000^{cm^3} d'eau ou une partie dans 31695 parties d'eau d'après Rodwell, sont généralement connus et on les trouve dans tous les Traités de Chimie.

Kremers en 1852, dans *Annalen d. Chem. Phys. Pogg.* [4], dit que le sulfate de plomb se dissout à raison de $0^g,077$ par 1000^{cm^3} d'eau, ou 1 partie dans 13000 parties d'eau, sans indiquer les détails de ses opérations et la température à laquelle il opérait.

---

(1) Présentée dans la séance du 17 mai 1909.

(2) *Annalen d. Pharm. Liebig*, t. LIX, 1846, p. 125.

(3) *Chemical News*, t. XI, 1865, p. 50.

(4) *Annalen Chem. Phys. Pogg.*, t. LXXXV, 1852, p. 247.

Le sulfate de plomb sur lequel j'ai opéré était obtenu par la précipitation d'une solution d'azotate de plomb pur par un excès d'acide sulfurique.

Le précipité ainsi obtenu était ensuite lavé à plusieurs reprises avec plusieurs dizaines de fois son poids d'eau distillée bouillante.

Voici à ce sujet des nombres qui montrent que 48 heures suffisent à la température ordinaire; le temps nécessaire à la saturation est d'autant moindre que la température est plus élevée.

La solubilité est la même à 100° qu'à la température ordinaire, mais la saturation est plus rapidement atteinte à chaud qu'à froid.

Température.	Durée du contact.	$PbSO_4$ dissous pour 1000^{cm^3}.	Température.	Durée du contact.	$PbSO^4$ dissous pour 1000^{cm^3}.
18°.....	2 heures	0,0000	19°.....	15 jours	0,0823
18.....	12 »	0,0080	18.....	30 »	0,0823
18.....	24 »	0,0508	19.....	60 »	0,0824
18.....	48 »	0,0823	100.....	24 heures	0,0816
20.....	8 jours	0,0822	100.....	48 »	0,0824

Solubilité 0,0824 $PbSO^4$ *dans* 1000^{cm^3} H^2O, *ou* 1 *partie dans* 12135 *parties d'eau.* — Les nombres donnés plus haut diffèrent considérablement de ceux obtenus par Frézénius et Rodwell, et se rapprochent plus tôt du nombre donné par Kremers. J'ai constaté que la pureté du sulfate de plomb est la seule cause qui peut faire varier la solubilité d'une manière plus ou moins profonde; la présence d'une trace d'acide sulfurique suffit pour que la solubilité soit sensiblement changée.

Température.	Solution normale H^2SO^4 par 1000^{cm^3}.	H^2SO^4 en grammes.	$PbSO^4$ dissous.
20°......	0,2 cm³	0,0098	0,0510
100......	0,2	0,0098	0,0500
20......	0,4	0,0196	0,0380
100......	0,4	0,0196	0,0380
20......	1,0	0,0490	0,0252
100......	1,0	0,0490	0,0253
20......	2,0	0,0980	0,0127
100......	2,0	0,0980	0,0127
20......	10,0	0,4900	0,0063
100......	10,0	0,4900	0,0063
20......	20,0	0,9800	0,000
100......	20,0	0,9800	0,000

Nous avons vu, d'après le premier Tableau, que la dissolution ne s'accomplit que très lentement; elle n'est complète qu'après 48 heures. Si l'on filtre après quelques heures de contact, on trouve que la liqueur filtrée ne contient pas de plomb en dissolution, ou de petites traces insignifiantes; cela nous permet de croire que la solubilité est due probablement à la décomposition de sulfate de plomb qui se dédouble en présence de l'eau en hydrate d'oxyde de plomb et l'acide sulfurique

$$PbSO^4 + 2H^2O : H^2SO^4 + PbOH^2O.$$

La quantité de plomb dissous est proportionnelle à la quantité d'acide sulfurique mise en liberté; dès qu'une certaine quantité de ce dernier se trouve libre, la décomposition s'arrête; il se produit un équilibre entre le plomb et l'acide sulfurique en dissolution.

Solubilité d'hydrate d'oxyde de plomb dans l'eau. — L'hydrate d'oxyde de plomb se dissous facilement dans l'eau chaude ou froide en quantité considérable.

Le Tableau suivant nous montre la solubilité de $PbOH^2O$ dans une solution de H^2SO^4:

Température.	H^2SO^4 par 1000^{cm^3}.	Pb dissous.	Quantité correspondante de $PbSO^4$.
20°	0,0000	0,1385	0,2027
100	0,0000	0,1385	0,2027
20	0,0265	0,0563	0,0824
100	0,0265	0,0562	0,0822
20	0,0461	0,0258	0,0376
100	0,0461	0,0258	0,0376
20	0,1245	0,0087	0,0130
100	0,1245	0,0088	0,0131
20	1,0060	0,000	0,000
100	1,0060	0,000	0,000

On voit, d'après ce Tableau, que la quantité de plomb dissous dans l'eau contenant une certaine quantité d'acide sulfurique correspond aux chiffres obtenus pour la solution de sulfate de plomb.

D'autre part, la dissolution du sulfate de plomb ne s'accomplit que très lentement. Ces observations ne font que confirmer l'hypothèse que la solubilité est due à la décomposition du sulfate de plomb, en présence de l'eau, en acide sulfurique et hydrate d'oxyde de plomb.

CHIMIE. — *Revision du poids atomique du phosphore, densité du gaz hydrogène phosphoré.* Note de M. G. TER GAZARIAN, présentée par M. G. Lemoine.

I. Le poids atomique du phosphore est certainement, à l'heure actuelle, un de ceux qui sont déterminés avec le moins d'exactitude. Le nombre $P = 31,0$ généralement admis, qui figure dans la Table pour 1909 de la Commission internationale des Poids atomiques, ne repose sur aucune détermination expérimentale suffisamment précise ([1]).

En raison des difficultés des méthodes chimiques, il m'a paru utile de procéder d'abord, par une méthode physico-chimique, à la revision du poids atomique du phosphore, en déterminant la densité absolue d'un gaz riche en phosphore, l'*hydrogène phosphoré* PH^3, et en en déduisant le poids moléculaire exact, après correction de l'écart à la loi d'Avogadro. Les valeurs ainsi obtenues présentant une précision absolue voisine de $\pm \frac{1}{5000}$, c'est plus qu'il ne faut pour faire un premier choix parmi les valeurs anciennement trouvées.

II. Le gaz PH^3 a été préparé par réaction de l'eau sur le phosphure du calcium.

Il a été soigneusement rectifié par liquéfaction et distillations fractionnées répétées plusieurs fois. Le Mémoire détaillé donne les précautions prises dans ce but.

La densité a été déterminée par la méthode des ballons. On s'est servi de deux ballons déjà calibrés qui ont été employés dans ce laboratoire pour déterminer les densités des gaz NO et HCl ([2]). On a opéré, sauf quelques variantes, dans les conditions relatées à propos de ces dernières déterminations.

On a obtenu ainsi, pour poids du litre normal de gaz PH^3, toutes corrections faites (réduction des pesées au vide, contraction des ballons; écart de compressibilité, d'après M. Leduc, entre la pression de 760^{mm} et la pression de remplissage, soit 715^{mm} à 735^{mm}) les valeurs suivantes :

1,52955; 1,52907; 1,52933; 1,52944; 1,52907; 1,52933.

Moyenne : $L = 1,5293$.

([1]) Principales déterminations : SCHRÖTTER, *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, t. XXXVIII, 1853, p. 131. — DUMAS, *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, t. LV, p. 129. — VAN DER PLAATS, *Comptes rendus*, t. C, p. 52. — D'après BRAUNER, le nombre 31,0 n'est exact qu'à $\pm 0,1$, (*Abegg's Handb. An. Chem.*, 3e série, t. III, p. 366).

([2]) PH.-A. GUYE et DAVILA, *Comptes rendus*, t. CXLI, 1905, p. 826. — PH.-A. GUYE et TER GAZARIAN, *Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 1233. — Cf. *Recherches physico-chimiques sur les gaz*. Gauthier-Villars, 1908.

En admettant, pour poids du litre normal d'air, la moyenne des résultats de M. Leduc et de lord Rayleigh (L = 1,2928), la densité par rapport à l'air du gaz PH^3 est

$$D = (1,5293 : 1,2928) = 1,1829.$$

Ce résultat diffère notablement des nombres généralement admis (1,185 à 1,184 en France; 1,176 en Allemagne). M. Leduc avait donné 1,1845 ([1]), valeur calculée *a priori*, d'après ses formules; mais il l'a abandonnée dans la revision récente de ces mêmes formules.

III. Pour calculer le poids moléculaire exact du gaz PH^3, il faut le corriger de l'écart à la loi d'Avogadro. On peut le faire : 1° par les formules des volumes moléculaires de M. Leduc, en fonction des constantes critiques t_c et p_c; 2° par la formule directe des densités limites, en utilisant le coefficient de compressibilité déterminé par MM. Leduc et Sacerdote ([2]); 3° par la formule indirecte des densités limites, en fonction des constantes critiques; 4° par réduction des éléments critiques, en fonction des constantes critiques.

Les données expérimentales à utiliser pour faire l'application au gaz PH^3 de ces diverses formules sont ([2]) : $t_c = 52,8$, $p_c = 64$ (Leduc); ou $t_c = 51,3$, $p_c = 64,5$ (Briner) ([3]); coefficient A_1^2 à 0° égal à 0,00835 (Leduc et Sacerdote), d'où $A'_0 = \frac{A_1^2}{1 + 4A_1^2} = 0,00828$. En ce qui concerne l'oxygène (terme de comparaison des formules des densités limites) : $t_c = -118°,8$; $p_c = 50,8$ (Olzewski); $A'_0 = 0,00097$ (Jaquerod et Scheuer).

On obtient pour poids moléculaire exact du gaz PH^3 les nombres ci-après :

Méthodes.	Par le coefficient de compressibilité.	Par les constantes critiques. Leduc et Sacerdote.	Briner.	Moyennes.
Volumes moléculaires......	»	33,917	33,927	33,922
Densités limites, f. directe...	33,996	»	»	»
Densités limites, f. indirecte.	»	33,932	33,940	33,936
Éléments critiques.........	»	33,927	33,935	33,931
Moyennes.............		33,925	33,934	33,930

La valeur 33,996, nettement descendante, doit être écartée (vraisemblablement il y a erreur sur le coefficient de compressibilité). Toutes les

([1]) Leduc, *Recherches sur les gaz* (*Ann. Chim. Phys.*, 7e série, t. XV, 1898, p. 1).
([2]) Leduc et Sacerdote, *Comptes rendus*, t. CXXV, 1897, p. 297 et 397.
([3]) Briner, *J. Ch. phys.*, t. IV, 1906, p. 476.

autres valeurs sont comprises entre les limites extrêmes : 33,917 et 33,940.

La moyenne des moyennes M = 33,930 en diffère d'environ $\pm \frac{1}{3000}$.

En déduisant du poids moléculaire 33,930 le triple du poids atomique de l'hydrogène, $3H = 3 \times 1,008 = 3,024$, on obtient, pour poids atomique du phosphore, P = 30,906 qu'on peut provisoirement arrondir en 30,91.

Le nombre P = 30,906 est exactement celui calculé récemment par M. Bernoulli (¹), à partir d'hypothèses *a priori* sur la constitution des éléments chimiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de dérivés de la fénone racémique.* Note de MM. L. **Bouveault** et **Levallois**, présentée par M. A. Haller.

Dans un précédent travail (*Comptes rendus,* t. CXLVI, p. 180) nous avons établi la constitution de la fénone et de son produit d'ouverture, l'acide dihydrofencholénique, en préparant des produits de dégradation méthodique de cette dernière molécule.

Un travail parallèle, poursuivi sur la camphénylone par l'un de nous en collaboration avec M. Blanc (*Comptes rendus,* t. CXLVI, p. 423), a montré que la fénone ne diffère de la camphénylone que par le remplacement d'un atome d'hydrogène par un groupe méthyle, et de même les acides dihydrofencholénique et dihydrocamphocénique, produits d'ouverture des deux cétones homologues

```
            CH³                           CH³
CH — CH<                        CH — CH<
            CH³                           CH³
CH²/  \CH²                      CH²/  \CH²
 |      |                        |      |
CH²----CH — CO²H                CH²----C — CO²H
                                       |
                                      CH³
```

acide dihydrocamphocénique (1-isopropylcyclopentane-3-carbonique). acide dihydrofencholénique (1-isopropyl-3-méthylcyclopentane-3-carbonique).

On voit que l'atome d'hydrogène substitué par le groupe CH^3 se trouve en situation α par rapport au carboxyle. Il se trouve précisément que MM. Haller et Bauer ont donné tout récemment (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 70) une méthode très élégante permettant de remplacer dans un acide un atome d'hydrogène de situation α par un radical. Nous avons donc songé à

(¹) Bernoulli, *Z. f. phys. Chim.*, t. LXV, 1909, p. 391.

l'utiliser pour transformer l'acide dihydrocamphocénique, dérivé de la camphénylone, en son produit de méthylation en α, l'acide dihydrofencholénique, dérivé de la fénone.

Cette transformation prenait un intérêt d'autant plus grand que l'un de nous, en collaboration avec M. G. Blanc, a réussi à obtenir par synthèse totale l'acide dihydrocamphocénique (*Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1314); réaliser la méthylation, c'était faire la synthèse totale de l'acide dihydrofencholénique.

L'acide dihydrocamphocénique a été converti par le perchlorure de phosphore en un chlorure, liquide incolore, bouillant à 98° sous 16mm, qui a été condensé avec le benzène en présence de chlorure d'aluminium. On a obtenu sans difficulté le 3-*benzoyl*-1-*isopropylcylopentane*, huile de couleur légèrement ambrée et d'odeur faible, bouillant à 166° sous 12mm. Son *oxime*, très bien cristallisée et assez peu soluble dans l'alcool, fond à 128°.

La méthylation de cette acétone au moyen de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle nous a fourni le 3-*benzoyl*-3-*méthyl*-1-*isopropyl-cyclopentane*

```
               CH³
     CH — CH<
CH²/  \CH²     CH³
 |     |  CO — C⁶H⁵
CH²———C<
          CH³
```

dont les propriétés ressemblent à celles de son homologue inférieure et qui bout à 172° sous 15mm.

Son oxime est également cristallisée en belles aiguilles blanches fondant à 96°,5.

Enfin l'acétone méthylée, chauffée avec de l'amidure de sodium, en présence de toluène, s'est dédoublée en benzène et amide de l'acide 3-*méthyl*-1-*isopropylcyclopentane*-3-*carbonique*

```
               CH³
     CH — CH<
CH²/  \CH²     CH³
 |     |  CO — AzH²
CH²———C<
          CH³
```

Selon nos prévisions, cette amide devait se trouver identique à la dihydrofencholénamide racémique. Nous avons préparé cette dernière en mélangeant parties égales de dihydrofencholénamide droite, provenant de la

fénone ordinaire de l'essence de fenouil qui est droite, et de l'amide isomère préparée au moyen de fénone gauche extraite de l'essence de thuya. Un échantillon de cette dernière avait été gracieusement mis à notre disposition par la maison Schimmel, à laquelle nous sommes heureux d'adresser ici nos remercîments.

Tandis que les deux amides actives fondent l'une et l'autre à 94°, l'amide racémique, beaucoup moins soluble dans les dissolvants, fond à 116°. MM. Ph. Barbier et V. Grignard, qui viennent aussi de préparer cette même amide, l'ont obtenue fondant à 114°-115° (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. V, p. 523).

Or, l'amide synthétique, provenant du dédoublement par l'amidure, ressemble beaucoup, par son apparence et ses solubilités, à l'amide racémique naturelle, mais elle fond à 109°; les nombreuses tentatives que nous avons faites pour élever son point de fusion par cristallisation fractionnée ont échoué. Cependant des mélanges de ces deux amides en diverses proportions ont toujours des points de fusion compris entre 109° et 115°, ce qui semble indiquer que l'amide synthétique, fusible à 109°, constitue un mélange difficilement séparable de l'amide racémique fusible à 116° avec un isomère.

Des expériences complémentaires, que nous publierons prochainement à cette place, ont montré en effet que cette supposition était exacte.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la cyclisation des acides cétoniques.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **A. Kœhler**, présentée par M. Haller.

On sait que les acides δ-cétoniques se cyclisent sous l'influence de l'éthylate de sodium pour donner des dihydrorésorcines, mais, jusqu'ici, l'étude de la cyclisation des acides cétoniques était limitée aux acides δ-cétoniques, faute de disposer d'une méthode de préparation pour les acides dans lesquels les fonctions acide et cétone sont plus éloignées l'une de l'autre. Nous avons montré, dans une Note antérieure, que l'action des dérivés organo-métalliques mixtes du zinc sur les chlorures-éthers des acides bibasiques permet d'obtenir tous les acides cétoniques, à partir des termes en γ, indépendamment de la position relative des deux fonctions. Grâce à cette méthode, nous avons pu étudier d'une manière systématique la cyclisation des acides cétoniques.

Le premier essai de cyclisation d'un acide ε-cétonique est dû à Baeyer et Oehler (*Berichte*, t. XXIX, p. 27), qui obtinrent une méthylisobutyryl-

cyclopentanone en traitant l'oxymenthylate d'éthyle par le sodium, en présence de xylène. Mais ces auteurs n'établirent pas la constitution de la cétone formée. Il est facile de voir que la cyclisation d'un éther ε-cétonique peut se faire de deux manières. Si elle a lieu comme dans le cas des éthers δ-cétoniques, il doit se former une cycloheptanedione; dans le cas contraire, elle ne peut conduire qu'à une acidylcyclopentanone :

$$\begin{array}{ccc} \begin{array}{c} CO \\ CH^2\diagup \quad \diagdown CH^3 \\ CH^2\diagdown \quad \diagup CH^2-CO^2C^2H^5 \\ CH^2 \end{array} & \begin{array}{c} CO\ CH^2 \\ CH^2\diagup \quad \diagdown CO \\ CH^2\diagdown \quad \diagup CH^2 \\ CH^2 \end{array} & \begin{array}{c} CH^3-CO-CH\text{———}CO \\ CH^2\diagdown \quad \diagup CH^2 \\ CH^2 \end{array} \end{array}$$

L'expérience montre que c'est dans ce dernier sens que la réaction se produit. En effet, en partant de l'heptanone-6-oate d'éthyle-1, la dicétone qui prend naissance ne renferme qu'un seul atome d'hydrogène acide; on voit, au contraire, qu'elle en renfermerait deux si la chaîne carbonée s'était fermée en C^7.

L'agent de condensation que nous avons employé dans tous les cas est l'éthylate de sodium sec, qui fournit de très bons rendements.

Les acidylcyclopentanones, possédant un atome d'hydrogène acide, présentent toutes les réactions caractéristiques des β-dicétones monoalcoylées. En particulier, elle peuvent être alcoylées par action des iodures alcooliques sur leurs dérivés sodés, mais cette alcoylation présente d'assez grandes difficultés pratiques, par suite de la facilité avec laquelle les acidylcyclopentanones, fixant une molécule d'alcool, régénèrent l'éther cétonique primitif.

Nous sommes, cependant, parvenus à tourner cette difficulté en faisant réagir l'iodure alcoolique sur le dérivé sodé sec et parfaitement exempt d'alcool. L'intérêt de cette alcoylation réside dans ce fait qu'elle fournit des alcoylacidylcyclopentanones dont la chaîne s'ouvre très aisément par action des alcalis avec formation d'acides ε-cétoniques alcoylés en position δ :

$$\begin{array}{c} CH^3-CO-CH\text{———}CO \\ CH^2\diagdown \quad \diagup CH^2 \\ CH^2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \begin{array}{c} R \\ CH^3-CO \end{array}\!\!>CH\text{———}CO \\ CH^2\diagdown \quad \diagup CH^2 \\ CH^2 \end{array}$$

$$\rightarrow CH^3-CO-CH(R)-(CH^2)^3-CO^2H.$$

Parmi les corps que nous avons obtenus, nous mentionnerons les suivants : *éthanoyl-1-cyclopentanone-2*; s'obtient par l'action de l'éthylate de sodium

sec, en présence d'éther absolu, sur l'heptanone-6-oate d'éthyle-1. Liquide bouillant à 75° sous 8^{mm}, colorant le perchlorure de fer en violet. Par éthylation de cette dicétone, on obtient l'*éthyl-1-acétyl-1-cyclopentanone-2*, qui ne colore plus le perchlorure de fer et bout à 97°-99° sous 15^{mm}. Par action des alcalis sur cette dernière dicétone, la chaîne s'ouvre et l'acide éthylheptanonoïque prend naissance; mais si l'on emploie l'éthylate de sodium, c'est l'éthyl-5-heptanone-6-oate d'éthyle-1 qui se forme, cet éther bout à 134°-136° sous 14^{mm}. La *propanoyl-1-cyclopentanone-2* résulte de même de la cyclisation de l'octanone-6-oate d'éthyle-1. Liquide bouillant à 90° sous 13^{mm} et dont nous avons préparé également les homologues méthylé et éthylé.

On ne connaissait pas, jusqu'ici, d'acide ζ-cétonique synthétique et, par suite, la cyclisation de ces acides n'avait pu être envisagée. Nous avons constaté qu'elle se produit très facilement, par action de l'éthylate de sodium sec sur les éthers-sels correspondants. Dans ce cas, elle se produit de la même manière que pour les éthers ε-cétoniques, c'est-à-dire du même côté de la fonction cétone et fournit des acidylcyclohexanones :

$$\begin{array}{c} C^2H^5-CO-CH^2 \\ CH^2\diagup \quad CO^2C^2H^5 \\ CH^2 \quad\quad CH^2 \\ \diagdown \; \diagup \\ CH^2 \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{c} C^2H^5-CO-CH \\ CH^2\diagup \quad \diagdown CO \\ CH^2 \quad\quad CH^2 \\ \diagdown \; \diagup \\ CH^2 \end{array}$$

Celles-ci possèdent un atome d'hydrogène acide et jouissent de toutes les propriétés β-dicétoniques. La propanoyl-1-cyclohexanone-2, obtenue par action de l'éthylate de sodium sur le nonanone-7-oate d'éthyle-1 est un liquide incolore, bouillant à 122°-123° sous 21^{mm} et possédant une odeur assez analogue à celle de l'acétophénone.

La chaîne des acidylcyclohexanones s'ouvre avec une extrême facilité, de telle sorte que l'alcoylation de ces dicétones présente des difficultés presque insurmontables. On obtient toujours un mélange d'éther cétonique primitif et d'alcoylacidylcyclohexanone. Comme ces corps sont tous deux neutres et bouillent sensiblement au même point, il est presque impossible de les séparer l'un de l'autre.

Nous avons enfin examiné le cas des éthers η-cétoniques. Dans quelques conditions qu'on se place, ces éthers ne subissent aucune cyclisation, ni par action de l'éthylate de sodium sec, ni sous l'influence du sodium en présence de xylène.

Au point de vue général, les résultats précédents montrent que la cyclisa-

tion des acides cétoniques s'effectue toujours sur l'un des atomes de carbone voisins de la fonction cétone. Ils montrent en outre, avec évidence, que les chaînes cycliques en C^5 et C^6 sont celles qui ont le plus de tendance à se former. Si deux chaînes fermées en C^4 ou C^6 sont possibles, c'est la chaîne en C^6 qui prend naissance. De même, si deux chaînes fermées en C^5 ou C^7 sont possibles, c'est la chaîne en C^5 qui se forme. De même encore, s'il y a possibilité de fermeture en C^6 ou C^8, c'est en C^6 que le cycle se ferme. Enfin, dans le cas où la chaîne fermée minima qui pourrait prendre naissance renfermerait 7^{at} de carbone, la cyclisation ne se produit plus. Ces résultats sont remarquablement en accord avec la théorie de la tension intramoléculaire de Baeyer et peuvent en être considérés comme une démonstration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation des polyalcools par un systeme peroxydasique.* Note de MM. **E. de Stœcklin** et **E. Vulquin**, présentée par M. Roux.

L'un de nous [1] a montré que le tannate de fer et l'eau oxygénée forment un système peroxydasique susceptible d'oxyder de nombreux corps organiques, notamment les monoalcools, pour les transformer en aldéhydes et en acides correspondants. A la suite d'observations faites en collaboration avec M. Vulquin, il indiquait [2] que cette propriété oxydante s'étend également à d'autres corps organiques associés au fer. En effet, l'acide humique, la cellulose précipitée, l'amidon soluble, le glucose, l'hydroquinone, etc., mis en présence de sels ferriques et d'eau oxygénée, ont le même effet.

Les polyalcools résistant à l'action du tannate de fer, nous avons cherché à réaliser un autre système peroxydasique capable d'oxyder ces corps. Nous nous sommes servis à cet effet d'une solution aqueuse, à saturation, de quinhydrone à laquelle nous avons ajouté, soit du sulfate, soit du chlorure ferrique, en quantité telle que la solution ainsi formée renfermât 1^{mg} de fer par centimètre cube. Dans ce composé que, pour la simplicité de l'exposé, nous désignerons par le terme de *quinhydrate de fer* (par analogie avec le tannate de fer), le fer doit être tout ou partie associé au corps organique ; il est, en effet, difficilement décelable par les réactifs usuels du fer et ne

(1) E. de Stœcklin, *Comptes rendus*, 28 décembre 1908.
(2) E. de Stœcklin, *Comptes rendus*, 15 février 1909.

donne de réactions vraiment nettes que si l'on détruit la combinaison par un acide fort ou par électrolyse.

Le quinhydrate de fer ainsi préparé transforme les polyalcools en sucres réducteurs. Le pouvoir oxydant du quinhydrate de fer n'est pas dû, comme on pourrait le croire, à du fer resté libre, et passé à l'état de sel ferreux, réagissant, en présence d'eau oxygénée, sur les polyalcools pour les transformer en sucres aldéhydiques, ainsi que l'ont montré Fenton et Jackson (1).

En effet, ces auteurs se sont servis de masses relativement considérables de sel ferreux pour obtenir des quantités de sucre relativement faibles, formées à la suite de réactions excessivement violentes. Nous avons opéré, au contraire, avec des traces de fer (1^{mg} à 2^{mg}) et nous avons obtenu des quantités de sucre 1000 fois supérieures au poids du fer mis en œuvre, et cela sans trouble ni dégagement de chaleur apparent, nous rapprochant ainsi singulièrement des oxydations biochimiques.

De plus, Fenton et Jackson n'ont produit que des sucres aldéhydiques; le quinhydrate de fer oxyde les polyalcools en fournissant un mélange d'aldose et de cétose.

Il est à remarquer que, dans l'oxydation des polyalcools par ce procédé, la réaction ne s'arrête pas au premier stade d'oxydation; elle continue, comme nous l'avons montré pour les monoalcools et les phénols, en donnant des produits d'oxydation plus avancés. Ceci explique l'impossibilité où nous sommes, pour le moment, d'isoler les sucres formés à l'état de pureté. Nous avons dû nous borner à caractériser pour l'instant la nature aldéhydique ou cétonique du produit formé. Voici le résumé de nos expériences :

Glycol. — Le produit d'oxydation donne la réaction de Schiff, réduit la liqueur de Fehling. Le corps formé est de l'aldéhyde glycolique.

Glycérine. — Le produit d'oxydation réduit à froid la liqueur de Fehling; la présence d'aldéhyde glycérique est décelée par la réaction de Schiff. D'autre part, nous constatons la présence de la dioxyacétone par une forte réaction de Séliwanow, les réactions colorées de Denigès (2) et formation de méthylglyoxal aux dépens du produit. Osazone cristallisée en lamelles brillantes, fusibles vers 135°.

Mannite. — Le produit d'oxydation réduit la liqueur de Fehling, donne *à froid* une hydrazone fondant à 197°, dont on a régénéré le mannose d'après E. Fischer. D'autre part, la liqueur primitive donne une très forte réaction de Séliwanow, et les réactions colorées de Denigès, d'où nous concluons également à la présence d'un sucre cétonique. Osazone, p. f. 188°, fines aiguilles en aigrettes.

Dulcite. — Le produit d'oxydation réduit la liqueur de Fehling, donne une osazone identique à la dulcitosazone de Fischer (3); même point de fusion : 205°. Mise en évidence d'une fonction cétonique par les réactions de Séliwanow et de Denigès. Le

---

(1) Fenton et Jackson, *J. of the chem. Soc.*, t. I, p. 75.
(2) Denigès, *Comptes rendus*, 18 janvier 1909, p. 172.
(3) E. Fischer, *Ber.*, t. XXVII, p. 1524.

peu de substance dont nous disposions ne nous a pas permis de rechercher la présence d'un sucre aldéhydique, probablement présent néanmoins (1).

Sorbite. — Nous devons à la complaisance de M. Bertrand, que nous remercions de son amabilité, d'avoir pu également expérimenter sur la sorbite. Le produit d'oxydation réduit la liqueur de Fehling, donne deux osazones de formes distinctes : l'une lamellaire, l'autre en fines aiguilles courbes groupées en sphérules. D'une solution dans l'acétone de cette osazone complexe, p. f. 197°, nous avons précipité par l'éther une osazone recristallisée dans l'alcool, la benzine et l'acétone, dans laquelle nous n'avons plus retrouvé que les sphérules typiques du sorbosazone. Nous avons mis en évidence la fonction cétonique de ce sucre par les réactions de Séliwanow et de Denigès. L'insuffisance du matériel ne nous a pas permis de rechercher la présence probable d'un sucre aldéhydique à côté du sorbose.

BOTANIQUE. — *Sur les phénomènes de fécondation chez les* Zygnema. Note de M. **P.-A. Dangeard**, présentée par M. Guignard.

Dans la reproduction sexuelle, il faut considérer non seulement la fusion des gamètes et celle de leurs noyaux, mais aussi la *réduction chromatique.*

On admettait il y a quelques années, à la suite des belles recherches de Van Beneden sur l'*Ascaris* (1883), que la réduction chromatique précédait toujours la fécondation; on croyait même assez généralement que cette réduction chromatique était la raison d'être de la sexualité.

Ayant constaté que chez les Chlamydomonadinées les gamètes avaient le même nombre de chromosomes que les cellules végétatives, nous avons dû envisager autrement que nos prédécesseurs l'origine de la sexualité et ses conséquences sur le développement des êtres (2).

Nos recherches ont porté cette année sur les Conjuguées; elles sont assez avancées, en ce qui concerne le *Zygnema stellinum,* pour que nous puissions en dégager les principaux résultats.

Les filaments de cette alque ont un diamètre de 22^{μ} à 25^{μ}; les cellules sont de une à trois fois aussi longues que larges; la dimension des zygospores atteint 35^{μ} en diamètre.

La division nucléaire a été étudiée d'une part dans les filaments végétatifs, et d'autre part dans les filaments copulateurs.

---

(1) C. Neuberg et J. Wohlgemuth, *Zeit. phys. Chem.*, t. XXXVI, p. 219.

(2) P.-A. Dangeard, *Mémoire sur les Chlamydomonadinées* (*Le Botaniste,* 6e série).

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de cette division malgré l'intérêt qu'elle présente : il s'agit d'ailleurs d'une télémitose normale. Ce qu'il faut en retenir, c'est l'absence d'une réduction chromatique précédant la fécondation ; les mitoses végétatives, comme celles qui précèdent directement la formation des gamètes, montrent le *même nombre de chromosomes;* nous avons pu en compter douze d'une façon régulière, soit à la prophase, soit au stade de la plaque équatoriale, soit à l'anaphase.

Ayant élucidé ce premier point, notre attention s'est portée : 1° sur la formation de l'œuf et sa structure ; 2° sur les formes aberrantes d'oospores.

La distinction des filaments mâles et des filaments femelles se fait d'assez bonne heure, parfois un peu avant la première apparition des filaments copulateurs. Dans les individus mâles, l'axe formé par les deux chromatophores et le noyau tend à se placer perpendiculairement au filament; il s'avancera plus tard dans le canal en gardant cette position. Dans les individus femelles, les chromatophores et le noyau conservent leur position normale suivant l'axe.

Après gélification et disparition de la membrane de séparation du canal copulateur, le gamète mâle aborde le gamète femelle en gardant l'orientation précédente; c'est alors que se produit la fécondation. Le chromatophore antérieur s'écarte et les deux noyaux, se rapprochant au contact, se fusionnent très rapidement.

L'oospore s'arrondit et s'entoure d'une membrane propre qui se subdivise en une endospore cellulosique et une exospore cutinisée; celle-ci montre plus tard de nombreuses ponctuations. Les quatre chloroleucites étoilés conservent leurs pyrénoïdes; ils sont orientés très régulièrement sous la membrane.

Le noyau de conjugaison occupe le centre de l'oospore; il est rattaché aux chloroleucites par de minces trabécules protoplasmiques; son volume augmente sensiblement; il peut être évalué approximativement à quatre fois celui des noyaux copulateurs; sa structure est dense et le nucléoplasme renferme de nombreux petits granules chromatiques.

L'oospore, même dans les cas de conjugaison normale, reste parfois engagée plus ou moins dans le canal copulateur qu'elle distend; il existe aussi des exemples nombreux où l'oospore, ayant la forme d'une haltère, conserve ses deux moitiés dans chaque filament; elle ne s'en recouvre pas moins d'une membrane.

Dans ces zygospores à forme irrégulière, la fusion des noyaux peut se faire normalement, et le noyau copulateur occupe alors le milieu du canal; mais cette fusion est quelquefois retardée très longtemps, sans qu'on puisse dire qu'elle se produit nécessairement. Nous avons vu aussi un exemple dans lequel le noyau femelle, contrairement à la loi générale, avait fait tout le chemin pour venir se fusionner avec le noyau mâle, resté entre les deux chromatophores.

Cette espèce montre ainsi tous les passages entre l'hétérogamie, l'isogamie et sans doute aussi la parthénogenèse; elle constitue un excellent exemple pour l'étude des problèmes qui se rattachent à la sexualité générale.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur la Teigne de l'Olivier* (Prays oleæ *Bernard*). Note de M. TH. DUMONT, présentée par M. E.-L. BOUVIER.

Les observations les plus récentes publiées à ce jour relatives aux mœurs de la Teigne de l'Olivier ont révélé, chez cette espèce, l'existence de trois générations annuelles s'attaquant chacune à une partie différente de l'arbre : la première aux feuilles, la deuxième aux fleurs, la troisième aux fruits.

D'après les recherches que nous avons faites à ce sujet, le cycle évolutif du *Prays oleæ* nous apparaît plus complexe.

La ponte d'une même génération n'est pas exclusivement déposée sur une partie déterminée de la plante. Les adultes peuvent pondre leurs œufs sur divers milieux et, suivant la nature de ces milieux, la durée de l'évolution larvaire varie très sensiblement. Il en résulte que le nombre de générations annuelles est également variable et que leur succession ne se présente pas avec toute la netteté et la régularité signalées par quelques auteurs.

Ainsi les larves de première génération, qui passent l'hiver dans les tissus intra-épidermiques foliaires, ont deux origines : les unes proviennent d'œufs déposés en juillet à la page supérieure de la feuille par les femelles de deuxième génération; les autres naissent d'œufs déposés également sur les feuilles, mais pondus en septembre-octobre par les adultes de troisième génération. Au printemps, dès qu'elles ont atteint 4^{mm} à 5^{mm} de long, les larves abandonnent leurs galeries pour se nourrir, les unes de l'épiderme inférieur et du parenchyme de la feuille, les autres des bourgeons terminaux et axillaires en voie d'évolution. Elles atteignent leur maturité sexuelle en avril-mai. Les adultes déposent leurs œufs sur les boutons floraux. A défaut de fleurs, la ponte a lieu sur les feuilles. Les jeunes larves percent la corolle et se nourrissent de l'ovaire, de l'anthère et du pollen. Les papillons de deuxième génération déposent leurs œufs sur deux milieux différents : sur le calice encore persistant des jeunes fruits et à la page supérieure des feuilles. Les larves qui en proviennent pénètrent, les unes dans le noyau de l'olive et les autres dans le parenchyme de la feuille. Les métamorphoses des premières ont lieu en septembre de l'année même, tandis que les deuxièmes ne se transforment en insectes parfaits qu'au printemps de l'année suivante.

La Teigne de l'Olivier n'a donc pas trois générations complètes. Elle en a deux ou trois, suivant que les œufs d'été sont déposés sur les feuilles ou sur les fruits. Lorsque, pour une cause quelconque, les fleurs font défaut, on n'observe plus qu'une seule génération.

Si le nombre des générations d'un insecte peut varier avec le milieu sur lequel la ponte est déposée, il faut en attribuer la cause à l'influence de l'ali-

mentation sur la durée de l'évolution larvaire. Celle-ci est de 290 jours environ pour les larves qui se nourrissent exclusivement de feuilles et de 55 jours seulement lorsque ces mêmes larves vivent du tissu cellulaire du pédicelle et de l'amande de l'olive. On ne saurait faire intervenir ici l'influence de la température, puisque la naissance de ces chenilles a lieu à la même époque.

Les larves qui éclosent en septembre et qui se nourrissent du parenchyme des feuilles dans leur jeune âge et des bourgeons naissants ensuite atteignent leur maturité sexuelle en 210 jours, soit 80 jours en moins que celles qui ne consomment que des feuilles. La plus grande rapidité de développement s'observe chez les larves qui vivent des organes de reproduction de la fleur; elles arrivent au terme de leur croissance en 20 jours.

La durée de l'évolution larvaire semble donc intimement liée à la nature de l'alimentation de la larve.

A ces diverses observations nous croyons devoir ajouter les résultats de nos recherches sur le mode de pénétration des larves de *Prays* dans le noyau de l'olive. La jeune chenille, au lieu de traverser en profondeur la pulpe et le noyau encore tendre du fruit, comme le pensent quelques auteurs, pénètre par le pédicelle dans lequel elle creuse une fine galerie qu'elle continue dans la double cloison qui sépare les deux loges de l'ovaire. Ce n'est que lorsque l'albumen de la graine commence à se durcir que la larve quitte cette paroi pour se nourrir de l'amande. En se frayant ainsi un passage dans le pédicelle et suivant qu'elle blesse plus ou moins profondément le tissu vasculaire de cet organe, la larve peut provoquer la chute des fruits. De nombreuses olives tombent ainsi à terre avant la complète formation du noyau et de son amande. Les larves qu'elles contiennent, ne trouvant plus une nourriture convenable, meurent prématurément. D'après nos calculs, nous estimons à plus de 80 pour 100 la mortalité des chenilles habitant les fruits.

Les adultes de deuxième génération du *Prays oleæ*, en ne déposant pas exclusivement leurs œufs sur un même milieu, semblent donc obéir à un instinct de conservation de l'espèce.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Action sur l'oreille à l'état pathologique des vibrations de la sirène à voyelles.* Note de M. BAJARD, présentée par M. Yves Delage.

Depuis 2 ans j'emploie, dans les cas de surdité due à des lésions chroniques non suppurées de l'appareil auditif, la méthode des exercices

acoustiques au moyen de la sirène à voyelles inventée par M. Marage. J'ai traité de cette façon 51 cas de surdité, d'origine et d'intensité diverses. Dans tous ces cas, sauf un (chez un scléreux syphilitique et fumeur), j'ai obtenu une amélioration constatable à l'acoumètre. Mais je ne veux considérer comme succès que ceux où l'amélioration a été totale ou suffisante pratiquement et s'est maintenue intacte. Ainsi considérés, ces succès ont été au nombre de 36 sur 51 cas traités. Parmi ces 36 sourds, 14 ont acquis une audition normale bilatérale, 12 l'ont obtenue d'un côté seulement, 10 ne sont pas tout à fait parvenus à la normale et ont conservé l'oreille dure, mais en étant moins sourds qu'avant le traitement.

La proportion des succès a été variable, non avec l'intensité de la surdité, mais avec la nature des lésions et la courbe graphique de l'acuité auditive. Je puis à ce point de vue en établir la classification suivante :

1° *Otites moyennes.* — *a.* Otites moyennes adhésives consécutives à des otites catarrhales ou suppurées guéries : 9 observations, 9 succès (8 ont obtenu la normale, 1 l'a obtenue d'un côté seulement).

b. Otites moyennes scléreuses : 20 observations, 13 succès, se décomposant en :

Otites récentes	5 observations	4 succès
Otites anciennes	15 »	9 »

Le plus probant de ces résultats est celui acquis par une dame de 54 ans, sourde depuis 36 ans et ne pouvant entendre qu'à l'aide d'un cornet acoustique. Au bout de 6 semaines de traitement, elle obtint une acuité normale bilatérale, entendant la montre à 70^{cm} à droite et à 5 *mètres* à gauche. Le résultat se maintient depuis 18 mois.

2° *Otites mixtes* (tympano-labyrinthiques). — 13 observations, 9 succès, se décomposant en :

	Observations.	Succès.
Otosclérose primitive	4	4
Artériosclérose	6	4
Intoxication au cours d'une grossesse	1	1
Intoxication gastro-intestinale	2	0

Dans cette catégorie, la proportion des succès a été dans les cas où le trou dans l'audition se trouvait sur l'I plus grande que dans les autres. — Les quatre insuccès ont été observés : deux chez des artérioscléreux renforcés avec troubles cardio-vasculaires ; deux chez des malades présentant des signes d'auto-intoxication gastro-intestinale, révélés par l'analyse des urines.

3° *Surdités centrales :*

a. Accidents méningitiques	1 observation	1 succès
b. Fractures du crâne	2 »	2 »

4° *Surdi-mutité :*

a. Congénitale .... 3 observations 1 succès

Ce succès fut obtenu chez un garçon ayant des restes d'audition lui permettant d'entendre la voix comme son, mais non de la comprendre sans s'aider de la lecture sur les lèvres. Il est parvenu à suivre une conversation particulière les yeux fermés. Des deux autres cas, l'un avait l'audition nulle et je n'ai pas obtenu de changement pour la parole, l'audition pour les bruits s'étant seule légèrement développée ; l'autre avait un trou sur l'I dans son audition et ne fut que très insuffisamment amélioré.

b. Surdi-mutité acquise .... 1 observation 1 succès

C'est celui d'une femme de 40 ans ayant été atteinte à l'âge de 1 an d'otites moyennes suppurées compliquées d'accidents labyrinthiques ou méningitiques ainsi qu'en témoignent les courbes de son acuité auditive. L'acuité moyenne est $\frac{1}{283}$ à droite et $\frac{1}{268}$ à gauche ; l'I n'est entendu sous aucune pression à droite ou à gauche. Cette sourde-muette, très intelligente, a appris à parler et à lire sur les lèvres, mais elle ne paraissait pas avoir la notion du son. Elle disait entendre seulement la trépidation du tambour, des cloches ou d'un train en marche. Le traitement dura 8 semaines. Au bout de ce temps, l'acuité auditive était normale à droite et à gauche et s'est maintenue telle depuis 6 mois que le traitement a cessé. Cette personne apprend maintenant le *français parlé* et fait des progrès assez rapides, malgré son âge.

Conclusions. — 1° La sirène à voyelles m'a donné des résultats sensiblement identiques à ceux obtenus par M. Marage.

2° Le traitement doit être essayé quelles que soient l'intensité et l'ancienneté de la surdité, même si elle est complète. Beaucoup de malades très sourds sont plus améliorables que d'autres ayant seulement l'ouïe un peu dure.

3° La forme de la courbe graphique de l'acuité auditive et la recherche de la cause de la surdité donneront le pronostic exact du cas. On ne devra pas négliger l'examen général complet du sujet (pression artérielle, examen des urines, etc.), ni le traitement étiologique simultané s'il est possible.

4° La sirène à voyelles améliore d'ordinaire simultanément l'audition pour la parole, pour la musique et pour les bruits. Elle peut n'améliorer que la première.

Dans les surdités centrales, l'audition la plus respectée est la plus améliorée.

5° Les seules contre-indications au traitement sont :

a. L'inflammation ou la suppuration de l'oreille.

b. L'âge du sujet (avant 12-15 ans; après 70 ans);

c. L'état général mauvais;

d. L'hystérie; au contraire de ce qu'ont prétendu certains auteurs qui n'ont d'ailleurs pas expérimenté la sirène, on ne peut attribuer ses succès à la névrose, puisqu'elle n'améliore pas les névropathes.

PHYSIOLOGIE. — *Relation entre le sommeil et les rétentions d'eau interstitielles.* Note (¹) de M. **Devaux**, présentée par M. Dastre.

Des observations nombreuses tendent à établir que tout organe en état de fonctionnement élève son pouvoir osmotique (²). Le siège de cette augmentation est, avant tout, dans la lymphe, comme on l'a constaté en particulier chez le cheval. C'est à cet accroissement de pouvoir osmotique que sont dus l'œdème et la soif de fatigue, la lymphe interstitielle fixant alors une quantité d'eau plus grande que la normale. Il se produit en même temps des modifications histologiques des éléments cellulaires consistant essentiellement en une rétraction plus ou moins forte des corps protoplasmiques et des noyaux, accompagnée de vacuolisation (³).

Des observations récentes (⁴) ont montré que dans l'insomnie expérimentale il se produit aussi des altérations histologiques très semblables. Dans les besoins impérieux de sommeil comme dans les états de fatigue extrême, les cellules et les noyaux diminuent de volume et, en même temps, il y a formation de vacuoles à leur intérieur. Ce double effet doit être attribué à une perte d'eau causée, dans la fatigue tout au moins, par une augmentation du pouvoir osmotique de la lymphe. D'ailleurs des modifications du même ordre ont été signalées récemment sur les cellules nerveuses plongées dans un milieu hypertonique (⁵).

(¹) Présentée dans la séance du 17 mai 1909.

(²) Miss Cooke, *Experiments upon the osmotic properties of the living Frog's muscle* (*Journal of Phys.*, t. XXIII, p. 137 et suiv.). — Stéphane Leduc, *Variations de la pression osmotique dans le muscle par la contraction* (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1190).

(³) Nombreuses recherches par Vas, Maun, Demoor, Hodge, Nissl, Lugaro, Puguet, Picq, Guérini, Gérard, Van Durme, 1892-1901. — Voir Joteyko, *Phénomènes microscopiques de la fatigue* (art. *fatigue* du *Dict. de Physiol.* de Ch. Richet).

(⁴) Piéron et Legendre, *C. R. de la Soc. de Biologie* de 1907 (16 février, 23 février, 7 et 20 juin).

(⁵) Marinesco, *Lésions des cellules nerveuses produites par les variations expérimentales de la pression osmotique* (*Zeitschrift für Allgemeine Physiologie*, 1908).

Il semble donc exister une relation remarquable entre la fatigue, le besoin de sommeil et les rétentions d'eau interstitielles. Plus la fatigue ou le besoin de sommeil sont marqués, plus aussi l'avidité de la lymphe pour l'eau est grande. Si les altérations histologiques de l'insomnie sont véritablement dues à l'hypertonie lymphatique, il doit en résulter une tendance plus ou moins marquée à l'œdème des tissus pendant l'état de sommeil. C'est ce que j'ai entrepris de vérifier par des observations directes.

Œdème des dormeurs. — Un premier fait banal doit être retenu tout d'abord : c'est l'œdème des paupières et du visage, très fréquent à la suite d'un sommeil lourd et prolongé. Il faudrait démontrer en outre que cet œdème n'est pas localisé à la face mais généralisé à tout l'organisme; et d'autre part qu'il est constant dans tout sommeil normal.

Pour vérifier l'existence d'un œdème très faible et non apparent chez un sujet endormi, j'ai eu recours à l'appréciation de la persistance plus ou moins grande des empreintes cutanées produites par un poids léger et constant, appliqué toujours sur la même région. Comme région très accessible (et où l'épreuve puisse être faite sans réveiller le sujet), l'avant-bras convient parfaitement. La durée de l'empreinte a été mesurée successivement pendant l'état de sommeil et pendant l'état de veille. J'ai fait mes recherches à Hanoï, sur des soldats, en profitant de leur sieste de l'après-midi. Il s'agissait donc d'un sommeil très léger où le phénomène cherché devait être particulièrement fugace. Le Tableau suivant résume les résultats :

Durées d'empreintes cutanées prises à un même niveau, avec un même poids, chez des sujets endormis puis éveillés.

	Pendant l'état de sommeil.	Pendant l'état de veille.	Différence en faveur de l'état de sommeil.		Pendant l'état de sommeil.	Pendant l'état de veille.	Différence en faveur de l'état de sommeil.
	m s	m s	m s		m s	m s	m s
A......	4.20	3.10	+1.10	N......	5.15	4.20	+0.55
B......	5.10	3.50	+1.20	O......	5.00	4.30	+0.30
C......	2.15	0.50	+1.25	P......	3.00	0.15	+2.45
D......	8.40	5.10	+3.20	Q......	3.45	2.30	+1.15
E......	9.20	6.40	+2.40	R......	2.25	1.40	+0.45
F......	3.40	2.30	+1.10	S......	3.30	2.10	+1.20
G......	4.10	0.55	+3.15	T......	4.10	3.15	+0.55
H......	4.20	0.40	+3.40	U......	7.25	5.40	+1.45
I......	5.15	2.10	+3.05	V......	3.10	2.10	+1.00
J......	3.30	0.40	+2.50	X......	3.00	2.00	+1.00
K......	2.05	1.20	+0.45	Y......	4.10	3.00	+1.10
L......	3.20	2.40	+0.40	Z......	2.50	1.40	+1.10
M......	4.00	2.10	+1.50				

D'après ces observations, on voit que les empreintes ont toujours été plus persistantes pendant le sommeil. L'état œdémateux du sommeil, visible ou non, n'est donc pas localisé au visage ; il existe aussi pour l'avant-bras. On doit en conclure qu'il est sans doute général et que *tout sommeil, même superficiel, est accompagné d'une rétention d'eau interstitielle pour tout l'organisme.* Cet état de choses existerait en particulier pour le cerveau; et ce serait là l'origine des altérations histologiques causées par l'insomnie forcée.

On peut du reste noter que cette rétention d'eau est loin d'être insignifiante puisque, pour que l'œdème devienne apparent, il faut, d'après les observations de MM. Vidal et Javal (¹), que la lymphe subisse un accroissement de sa masse allant jusqu'à 6^l.

Conclusion. — L'augmentation de la lymphe, qui se produit si fréquemment dans un grand nombre d'états pathologiques et physiologiques, dans l'ivresse, dans la fatigue, dans l'absorption digestive, se réalise aussi périodiquement dans les états de sommeil. Chaque jour, d'une manière régulière et constante, la puissance osmotique de cette lymphe s'élève en traduisant un drainage général du côté des espaces interstitiels. Cette marée lymphatique, qui devient d'autant plus haute que notre organisme a plus besoin de repos, semble être le phénomène essentiel et caractéristique qui préside à la grande fonction du sommeil.

D'autres faits seront indiqués qui viennent à l'appui de cette interprétation.

ENTOMOLOGIE. — *Métamorphose du système musculaire chez les Muscides.* Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Au point de vue des phénomènes histologiques dont ils sont le siège pendant la nymphose, il y a lieu de distinguer, chez les Muscides, plusieurs catégories de muscles. J'examinerai d'abord les processus relativement les plus simples, qui se ramènent à des destructions totales et à des édifications totales.

I. *Muscles exclusivement larvaires.* — Ces muscles disparaissent entièrement, dès les premières heures de la nymphose, par phagocytose leucocytaire, ainsi que Kowalevsky et van Rees l'ont bien établi. Les globules du sang affluent en grand nombre au voisinage du muscle encore parfaitement

(¹) Vidal et Javal, *Soc. médic. des Hôpitaux*, séance du 26 juin 1906.

normal et s'accumulent d'une manière dense contre sa face profonde, tournée vers la cavité du corps, tandis que la face opposée, qui regarde la peau, en est presque complètement dépourvue. On peut alors observer toutes les étapes de la pénétration des leucocytes : un pseudopode aigu commence à faire dans le sarcolemme une petite perforation; le protoplasme leucocytaire s'y engage, puis le noyau, qui s'étire et s'étrangle et ne reprend sa forme d'équilibre qu'après avoir achevé son passage. Les leucocytes arrivent ainsi à pénétrer dans le sarcoplasme périphérique en n'ayant tout d'abord causé que de légères lésions du sarcolemme. Alors seulement et d'une manière rapide, le sarcoplasme commence à dégénérer en une masse indistincte, interposée entre les leucocytes dont l'immigration croissante achève de disloquer le sarcolemme. En outre aussi, dès la première pénétration des leucocytes, les noyaux musculaires commencent à présenter une altération caractéristique; la chromatine abandonne le voisinage de la membrane et se condense progressivement au centre du noyau; c'est le début de la dégénérescence pycnotique qui transformera bientôt le noyau en une boule chromatique compacte, flottant dans le suc nucléaire; et, sans doute grâce à la pression élastique de ce qui reste encore du sarcolemme, ces noyaux au début de la pycnose sont fréquemment expulsés à une petite distance du muscle; il n'y a évidemment là rien qui puisse être interprété comme une libération spontanée.

Entrés par la surface latérale du muscle, les leucocytes s'insinuent peu à peu en profondeur en cheminant par les travées sarcoplasmiques interposées entre les colonnes contractiles, c'est-à-dire manifestement suivant les régions de moindre résistance. Mais, en outre, un autre point d'élection, pour la pénétration précoce des leucocytes, est l'insertion du muscle sur le tendon qui le rattache à la peau; par là, les leucocytes s'infiltrent entre les extrémités des colonnes contractiles et les détachent de leur insertion; les colonnes n'étant plus maintenues tendues prennent des contours sinueux, et leur écartement rend particulièrement aisé l'envahissement plus actif des leucocytes dans toute la masse musculaire.

Je n'insiste pas sur les phénomènes ultérieurs de la dislocation et de l'englobement des sarcolytes, qui sont les mieux connus. Vers la trentième heure, les sphères de granules se dispersent dans le corps, non point charriées passivement par un courant sanguin très ralenti, sinon même tout à fait stagnant; mais bien par leur amœboïsme propre, grâce auquel ces phagocytes déjà bourrés peuvent aller encore englober des débris variés d'autres tissus, ou bien s'infiltrer dans des tissus imaginaux résistants. La digestion intra-cellulaire des sarcolytes ou des noyaux musculaires pycnotiques ne s'achève qu'aux derniers jours de la nymphose; mais si cette disparition est lente, elle est néanmoins totale et définitive. Jamais les débris des muscles larvaires ne donnent naissance à des tissus imaginaux.

II. *Muscles exclusivement imaginaux.* — Ces muscles s'édifient complètement, pendant la nymphose, aux dépens de myoblastes restés jusque-là embryonnaires (mésenchyme des histoblastes hypodermiques). Une première étape consiste dans la multiplication numérique des myoblastes, par des caryocinèses répétées; c'est le processus général pour tous les tissus imaginaux. Dans une deuxième étape, les myoblastes définitifs grandissent et s'organisent, d'abord en fuseaux où les noyaux se fragmentent par division directe multiple, puis en cylindres allongés, fibres imaginales où les petits noyaux s'ordonnent en chapelets axiaux. Enfin, les fibrilles striées se différencient. Suivant les muscles, la distribution des colonnettes contractiles par rapport au sarcoplasme est assez variée : une seule écorce de colonnettes radiées dans les muscles sous-tégumentaires ventraux; deux écorces emboîtées dans les muscles intrinsèques des pattes, etc. Un cas particulier assez remarquable est présenté par les muscles dorso-ventraux, moteurs extrinsèques des pattes, où la multiplication caryocinétique des myoblastes est suivie d'un processus de fusion en masses syncytiales. La première ébauche du muscle est constituée par un massif très dense de myoblastes, puis de proche en proche ces myoblastes se fusionnent, vers la périphérie, en une écorce syncytiale, tandis que la prolifération continue dans le centre de l'amas myoblastique. Cette écorce fusionnée n'est pas continue, mais décomposée en prismes accolés; et le muscle définitif est composé de colonnes prismatiques dont chacune est homologue de plusieurs fibres parallèles fusionnées, ayant d'ailleurs la même structure que les muscles intrinsèques des pattes.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence de la conjugaison gemmiforme chez les Acinétiens.* Note de M. **B. Collin**, présentée par M. Yves Delage.

Chez l'une des formes les plus hautement évoluées parmi les Infusoires tentaculifères, *Ephelota gemmipara* Hertwig, j'ai observé l'existence d'une conjugaison totale inégale, avec différenciation en macro- et microgamète, telle qu'on la connaît chez les Vorticelliens. Malgré quelques lacunes restant encore dans l'histoire de son développement, je considère le gamète mâle comme résultant d'un bourgeonnement spécial (rencontré seulement dans les mêmes lots qui contenaient des conjugués). Peut-être s'agit-il d'une véritable *division sexuelle* au sens d'Enriques (1907). Ce bourgeon tentaculé est inséré à la face supérieure du parent et orienté dans le même sens

que lui. On le distingue donc à première vue des individus conjugués, unis en sens inverses et pôle contre pôle. Le gamète mâle est généralement plus petit que le gamète femelle, quoiqu'il y ait çà et là des conjoints subégaux, et son contenu passe lentement dans le macrogamète jusqu'à résorption totale. On observe assez fréquemment; comme chez les Vorticelliens, des conjugaisons triples à deux microgamètes.

Les phénomènes micronucléaires n'offrent dans leur ensemble aucun intérêt spécial, se succédant dans un ordre absolument conforme à ce qui a lieu chez tous les Ciliés. L'existence de micronuclei multiples, très fréquente chez les Suçeurs (*Ephelota, Acinota crevata, fœtida, linguifera, Dendrosomides paguri, Dendrocometes* et *stylocometes,* plusieurs *Ophryodendron*), rend parfois difficile l'exacte identification des stades à mitoses nombreuses, mais les images les plus typiques (par exemple les quatre pronuclei groupés par paires de part et d'autre de la cloison) ne laissent prise à aucun doute.

Ce nouveau macronucléus, issu d'un des produits du noyau fécondé, est d'abord un globe rigoureusement sphérique (à haute tension interne), avec réseau à larges mailles et gros grains acidophiles aux points nodaux (oxychromatine?). Puis la régularité de sa forme s'altère et sa structure devient plus compacte, finement spongieuse, tandis qu'y apparaît la chromatine définitive (basichromatine). Ce sont des anses régulières, très nettes, simples ou doubles, parfois des figures bacillaires groupées en éventail. Cette curieuse formation de simili-chromosomes dans un noyau *au repos* à grande activité trophique (tel qu'un macronucléus d'Infusoire) est à rapprocher du phénomène décrit par Huie (1896) dans les poils de *Drosera.*

Plus tard, ces formations chromatiques s'émiettent, se multiplient et se dispersent; le noyau devient obstusément lobé et acquiert peu à peu sa forme rameuse définitive.

En dehors de cet exemple (jusqu'à présent unique), d'*Ephelota gemmipara,* je n'ai observé chez les autres Acinétiens que la conjugaison ordinaire, *isogame,* sous deux formes distinctes : soit *conjugaison partielle* avec union temporaire des gamètes qui se fécondent réciproquement et se séparent ensuite (*Tokophrya elongata*, *Acineta papillifera* que j'ai revu après Keppen) (1888); soit *conjugaison totale,* avec fusion définitive. Des deux gamètes que rien ne distingue d'abord, l'un abandonne son style et les deux corps se fusionnent en une masse unique adhérente au style de l'autre conjoint; on y retrouve donc, après la conjugaison, les deux noyaux anciens à côté du nouveau macronucléus et, pendant longtemps, deux vacuoles contractiles. Nos observations ont porté d'une part sur *Tokophrya cyclopum* Cl. et L., où je puis confirmer tous les faits brièvement énoncés par Maupas (1889); d'autre part sur *Choanophrya infundibulifera* Hartog, où le phénomène se passe d'une façon très analogue. Chez *T. cyclopum*, les conjugaisons

triples ne sont pas rares et la fusion totale y a lieu comme dans les couples normaux; j'ai constaté aussi, chez cette espèce, des individus *reconjuguants* comme ceux décrits chez *Chilodon*, par Enriques (1908).

Conclusion. — Ces faits, favorables aux relations génétiques entre Acinètes et Infusoires péritriches (établis ailleurs par moi sur d'autres caractères morphologiques), indiquent en même temps que la scission s'est opérée entre les deux groupes à une époque où la conjugaison totale, isogame ou anisogame, n'était pas encore la règle absolue, comme elle semble l'être aujourd'hui et chez *Spirochona* et chez les *Vorticelliens*.

ZOOLOGIE. — *Le rôle de l'eau extérieure dans la fécondation et les premiers stades du développement chez* Rana fusca. Note de M. E. **Bataillon**, présentée par M. Yves Delage.

La fécondation d'un œuf d'Amphibien embrasse un ensemble de conditions fort complexe. Le spermatozoïde doit traverser non seulement une gangue albumineuse très épaisse, mais encore la membrane, qui existe déjà; sa pénétration dans le plasma est accompagnée d'une élimination de fluides, suivie en 30 minutes ou 45 minutes de la rotation de l'œuf et de l'achèvement de la deuxième division polaire. Puis, le spermaster se dessine ainsi que le pronucléus mâle. Tous ces phénomènes nous apparaissent solidaires : c'est un *système lié*, suivant l'expression de Delage. Notre premier objectif sera de délier expérimentalement ce qui est lié dans les conditions ordinaires.

1° *L'hydratation de la gangue et l'imprégnation.* — Des œufs vierges de *Rana fusca* sont immergés dans l'eau et fécondés après des délais variables : un quart d'heure, une demi-heure, une heure, etc. Au bout d'un quart d'heure la proportion des œufs susceptibles d'imprégnation et d'évolution est d'un tiers au maximum. Après une demi-heure, le résultat des opérations est toujours négatif.

Plusieurs lots de matériaux tirés d'une même femelle sont disposés sur des verres de montre dans la chambre humide, puis imprégnés et immergés à intervalles variables. Ces œufs conservés à l'air sont encore fécondables le troisième jour.

Des œufs vierges sont plongés dans des solutions isotoniques de NaCl, $MgCl^2$, sucre de canne (valeur 0,8 pour 100 de NaCl). Dans les deux premiers milieux, la gangue ne se gonfle pas, ne devient pas homogène; elle présente toujours au microscope sa structure plus ou moins fibrillaire. Dans le milieu sucré, elle se gonfle comme dans leau. Après 2 ou 3 heures, les matériaux sont reportés dans l'eau pure additionnée de

sperme. *Le traitement par le sucre empêche l'imprégnation; le résultat est au contraire positif avec* NaCl *et* $MgCl^2$. La fécondation est plus uniforme pour les lots au $MgCl^2$; mais, après 18 heures, des œufs sortis de NaCl m'ont encore donné une bonne proportion de développements réguliers.

Ainsi, la gangue devenue homogène par imbibition est impénétrable au sperme. L'hydratation brusque des enveloppes, sur lesquelles le sperme du mâle accouplé tombe au moment même de la ponte, serait, au moins dans ce cas, un obstacle de premier ordre aux associations illégitimes. Je montrerai prochainement que cette indication ne saurait être généralisée.

2° *Le soulèvement de la membrane et l'orientation de l'œuf consécutive à l'imprégnation.* — Lœb [1] pense que la membrane dite *de fécondation,* chez l'œuf d'Oursin, ne préexiste pas; qu'elle n'est pas simplement soulevée du fait de l'imprégnation ou des traitements parthénogénésiques. Entre autres preuves, il fait valoir que si l'apparition de la membrane a été provoquée par les acides gras ou les alcalis, l'entrée du sperme devient impossible. Je ne conteste que la validité du raisonnement. Chez les Amphibiens, la membrane préexiste, ce qui n'empêche pas la fécondation de s'effectuer; et pourtant, l'*expulsion de fluides,* condition du soulèvement de cette membrane, arrête les spermatozoïdes; comme je le montrerai, qu'il s'agisse de l'imprégnation pure ou même de l'imprégnation sans amphimixie telle que je l'ai décrite chez l'œuf de Pilodyte ou de Calamite actionné par le sperme de Triton. Par contre, je puis, avec Lœb, donner ici une part importante au liquide ambiant dans la turgescence de l'enveloppe. On comprendra même que l'appel d'eau provoqué par l'exsudation plasmatique soit d'une interprétation moins complexe avec l'eau douce qu'avec l'eau de mer.

Des œufs vierges de *Rana fusca* sont extraits de l'utérus, étalés en une seule couche et très légèrement badigeonnés avec le sperme des vésicules séminales. Tout excédent de liquide fécondateur étant éliminé, on les abandonne à la chambre humide. Il ne paraît pas possible que, dans ces conditions, la gangue, si avide d'eau, en laisse parvenir une quantité appréciable au contact de la membrane. La division, à l'air humide, s'effectue dans les délais ordinaires. *Mais la rotation de l'œuf n'est achevée ni à la pre-*

---

(1) J. Lœb, *Ueber die osmotischen Eigenschaften und die Entstehung der Befruchtungsmembran beim Seeigelei* (*Arch. f. Entw. Mech.*, Bd. XXVI, H. 1).

mière, ni à la deuxième segmentation ; je la trouve complète au bout de 18 heures. Donc, *si les fluides rejetés par l'œuf suffisent pour déterminer une orientation tardive, la rotation brusque qui suit l'imprégnation dans les conditions normales exige l'afflux de l'eau extérieure, et la libération de l'œuf dans une atmosphère de liquide plus large.*

La turgescence de l'enveloppe étant supprimée, je m'attendais à de nombreux cas de *polyspermie.* La régularité de la division prouve qu'il n'en est rien. *La seule réaction de l'œuf au contact d'un spermatozoïde, et, dans mon hypothèse, l'exsudation qu'il rejette, suffirait à empêcher toute invasion ultérieure.*

3° *L'imbibition de l'œuf et l'évolution embryonnaire.* — On sait (1) que les œufs d'Amphibiens comme ceux de Poissons, hydratés largement au début de l'évolution, poursuivent leur développement à l'air humide ; que, par conséquent, l'embryon n'utilise pas, pour se constituer, les matériaux solides dissous dans l'eau.

L'imprégnation *à sec,* suivant le mode indiqué ci-dessus, ne réaliserait pourtant pas des conditions suffisantes. L'œuf se segmente il est vrai, s'oriente à la longue dans le plasma qu'il a exprimé ; mais la gastrulation est entravée. Il y a un retard très sensible dans l'émiettement au pôle végétatif ; et, si l'on veut dépasser le stade blastulaire, il faut sans trop tarder immerger le matériel.

Dans une expérience du 14 mars, je retire divers lots après des séjours plus ou moins longs à la chambre humide : 18 heures, 25 heures, 42 heures et 50 heures ; seuls, les lots de 18 heures et 25 heures donnent, *pour quelques rares ébauches,* le stade des bourrelets médullaires, mais avec des hernies vitellines souvent énormes ; les gastrulations équatoriales sont nombreuses, et plus nombreuses encore les stéréoblastulas sans trace de gastrulation. Il n'y a *pas un seul embryon normal,* alors que la marche des témoins est d'une régularité parfaite.

Le 7 mars, une autre opération avait été conduite d'une façon un peu différente en ce sens que le *sperme étendu* était versé rapidement sur le matériel vierge puis égoutté et éliminé avec tout le soin possible. Le contact avec l'eau, quoique très court, était plus sérieux que dans l'essai ci-dessus. Les œufs, retirés de la chambre humide après 18 heures ou 24 heures, évoluaient normalement. Mais à partir de la 40e heure, j'enregistrai en quantité les anomalies classiques pour les solutions plasmolysantes. Sur les témoins, je n'en vis pas une seule. Ces résultats méritent l'attention.

---

(1) E. Bataillon, *Nouvelles recherches sur les mécanismes de l'évolution,* etc. (*Arch. de Zool. exp.,* 3e série, t. V, 1897).

J'avais montré, *avec les œufs immatures*, que des anomalies fondamentales formant une échelle graduée n'ont rien à voir avec une spécificité chimique quelconque du milieu extérieur. *Les effets de la suppression de l'eau à la fécondation nous prouvent que la modification interne, introduite dans les expériences connues, porte sur le degré d'hydratation des ébauches.*

Ainsi se trouve confirmée par une autre voie mon interprétation (1) de la tératogenèse par les solutions salines ou sucrées.

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Sur la formation du corps par la réunion de deux moitiés indépendantes, d'après l'origine de la queue de la souche chez les Syllidés.* Note de M. **Aug. Michel**, présentée par M. Henneguy.

La formation d'une partie du corps par la soudure tardive de deux moitiés, libres sur leur longueur jusqu'à un stade assez avancé, est un fait, ce me semble, d'une haute importance au point de vue de l'Anatomie générale : car le procédé habituel consiste dans la combinaison de deux ébauches paires comprises dès le début sous le même contour.

Tel est le cas, chez la plupart des Syllidés, pour la queue de la souche, dont la reformation est ainsi préparée avant le détachement du stolon. Le fait de l'existence, lors de la séparation du stolon, de bourgeons latéraux, composés de 4-7 segments avec appendices sur le bord externe et cirre anal, et de leur soudure ultérieure sur la ligne médiane, a été indiqué nettement par Pruvot, mais sommairement, à propos de la Formation et de l'Évolution des formes stoloniales (*Comptes rendus*, 1889, 1902). Quant à la portée morphologique de ce fait, on n'y a pas insisté : les uns comparent l'origine par demi-bourgeons à la production anormale de bourgeons latéraux qui ne sont que des cas analogues à la régénération ordinaire par bourgeons entiers dès le début, avec le caractère spécial de latéralité, tandis qu'ici le fait remarquable c'est le demi-bourgeon, dont la latéralité plus ou moins accentuée est toute naturelle pour une moitié; d'autres parlent vaguement d'une régénération ultérieure de la queue de la souche, comme si cette reformation

(1) E. Bataillon, *Études expérimentales sur l'évolution des Amphibiens. Les degrés de maturation de l'œuf et la morphogenèse* (*Arch. f. Entw.-Mech.*, Bd. XII, 1905).

se produisait ordinairement (ce n'est le cas que chez quelques espèces) sous forme d'un régénérat ordinaire.

J'ai eu, à la station zoologique de Naples, l'occasion de suivre en élevage des espèces réalisant les divers types que présente à cet égard la stolonisation.

Chez *Syllis amica* je n'ai vu se produire de queue qu'après départ du stolon par simple régénération.

Syllis vittata, S. prolifera, S. cirropunctata n. sp. (*voir* sur cette espèce *Comptes rendus,* 1[er] février 1909), m'ont permis de suivre en détail l'évolution de demi-bourgeons.

Immédiatement en avant de l'anneau qui prépare (yeux, etc.) la tête du stolon, on distingue de chaque côté une saillie spéciale disposée transversalement, qui se termine bientôt par un prolongement plus étroit : c'est l'ébauche du futur demi-bourgeon avec son cirre anal. Ils s'allongent; la segmentation apparaît au mamelon, et sur son bord antérieur se développent des cirres dorsaux, à sa face ventrale des rames ventrales; le cirre devient multiarticulé. Mais c'est surtout au départ du stolon que ces productions démasquées deviennent frappantes; ainsi dégagées, de transversales elles deviennent obliques; le nombre des segments distincts est alors de 3 à 6, parfois 8, chez *Syllis prolifera,* de 4 à 7 chez *Syllis cirropunctata;* les premiers segments ont ordinairement déjà des cirres, assez longs et articulés, sur le bord antéro-externe, et leurs rames ventrales peuvent montrer de petites soies; cependant dans la seconde espèce le degré de développement est plus variable, certains demi-bourgeons ne présentant encore qu'une indication de segmentation sans appendices. Ainsi, souvent, les deux parties indépendantes destinées à la réunion sont plus que des ébauches, des moitiés déjà complexes d'une partie notable du corps. Bientôt les deux demi-bourgeons se rapprochent davantage, notamment par l'incurvation en dedans surtout à la face dorsale, d'où, pour l'ensemble, une figure de tenaille avec, sur les bords externes, un éventail de cirres. Enfin, les deux faces internes redressées se rejoignent; leurs bords ventraux se soudent sur toute leur étendue, ainsi que les bases et bientôt les extrémités des bords dorsaux, encore incurvés; par là se trouve constituée une fosse représentant un anus et même un proctodæum; la paroi dorsale de la souche paraît aussi contribuer à la formation de la base et à la limitation proximale de l'anus. Dès lors, un bourgeon entier est constitué qui s'allonge, multiplie ses segments et développe ses appendices comme dans un bourgeon de régénération ordinaire.

Un cas particulier avait davantage attiré l'attention, celui de *Trypanosyllis zebra* (= *Krohnii*).

Chez cette espèce, la queue se reconstitue bien avant la séparation du stolon, au point d'arriver à former à la face ventrale un appendice de longueur notable, donnant l'apparence d'une bifurcation caudale. Cette queue débute aussi par des demi-bour-

geons; mais, d'après mes observations, cet état double dure peu ici : de bonne heure la prolifération s'étend en une bande étroite sur toute la largeur de la face ventrale, terminée de chaque côté par le mamelon primitif avec l'ébauche d'un cirre anal; puis cette bande se rétrécit transversalement jusqu'à se loger entre les tubercules oculifères de la tête du stolon et au contraire se développe perpendiculairement à la face ventrale en une saillie terminée par les deux cirres anaux. Le rapprochement des deux ébauches a donc lieu dès le début, et non lorsqu'elles ont une certaine longueur; d'après cela, il est en outre inexact de dire que c'est la séparation tardive du stolon qui détermine la réunion des ébauches; j'ai même observé un cas où la saillie médiane est tellement précoce qu'on peut douter qu'elle ait été précédée de deux demi-bourgeons espacés aux bords de l'animal. En somme, si ce cas est curieux par la formation d'une queue appendue sous l'animal, au point de vue du mécanisme de l'ontogenèse il rentre, à l'inverse d'autres Syllidiens, dans le cas général de la formation d'un organe impair, unique dès le début, à l'aide de simples foyers pairs dans une même masse.

Il peut se produire des demi-bourgeons supplémentaires, comme je l'ai déjà indiqué pour la tête elle-même (*Comptes rendus*, 15 février 1909) : une paire sur la souche à l'intervalle précédant en avant le niveau normal chez une *Syllis cirropunctata;* un demi-bourgeon avec une demi-tête d'un seul côté sur le stolon à l'intervalle suivant en arrière le niveau normal chez une *Trypanosyllis zebra*.

Qu'arriverait-il si les deux demi-bourgeons ne se réunissaient pas? Deux individus de *Syllis prolifera*, sur lesquels j'avais réussi, immédiatement après la séparation du stolon, à retrancher, complètement et sans autre dommage, un des deux demi-bourgeons, régénérèrent la moitié manquante sur le bord interne de la moitié conservée : ce bord devint de plus en plus saillant, et les segments avec leurs appendices se développèrent progressivement à partir de la base; le retard sur l'autre côté se rattrapant, le bourgeon, d'abord infléchi vers le côté enlevé, se redressa et devint symétrique et normal. Par contre, un individu de la même espèce qui, naturellement, après 2 jours n'avait pas encore réuni ses deux demi-bourgeons, les détruisit au troisième jour et, sur la section déblayée, produisit une queue par régénération ordinaire.

Je ne fais que signaler dans cette Note, pour compléter la description des demi-bourgeons, la présence, chez toutes les espèces citées de ce type, à chaque extrémité en dedans du cirre anal correspondant, d'un très petit prolongement qui, finalement pair au bourgeon reconstitué, paraît représenter le « pseudo-cirre » impair des queues ordinaires primitives ou régénérées.

ZOOLOGIE. — *Sur deux modes différents de régénération chez* Lineus ruber (*Müll.*). Note de M. **Mieczyslaw Oxner**, présentée par S. A. S. le Prince de Monaco.

Il existe chez *Lineus ruber* (Müll.) quelques variétés de couleurs. Tous les organes intérieurs de ces variétés ont la forme et la structure identiques (cela contrôlé *in vivo* par transparence et *post mortem* sur coupes). J'ai remarqué cependant que la relation entre la longueur et la largeur du corps est différente chez les différentes variétés, mais constante pour chaque variété (je parle naturellement des individus adultes). Lorsque, en 1906, j'ai commencé mes expériences sur la régénération chez *Lineus ruber*, j'ai été fort surpris que, sur quinze individus, un seul a régénéré la tête au bout de 10 jours, tandis que chez les autres, même après 3 mois, aucune régénération visible n'a eu lieu. En 1907 et 1908, ayant répété les expériences sur un grand nombre d'individus (plus de 300), j'ai trouvé les faits suivants :

I. Toutes les variétés de couleurs chez *Lineus ruber* régénèrent de la même façon; seule la variété rouge brunâtre se comporte d'une façon différente :

a. En faisant une coupe transversale *entre le cerveau et les organes cérébraux*, sans blesser aucun de ces deux organes, on voit : 1° que les têtes mutilées ainsi périssent toutes au bout de quelques semaines sans entrer dans la voie de la régénération; 2° que les parties postérieures correspondantes régénèrent facilement; mais, tandis que certaines régénèrent *complètement* la tête avec tous ses organes dans 2 à 3 mois (*forme* A), d'autres n'ont besoin que de 10 à 20 jours (*forme* B).

b. En faisant une coupe transversale *entre les organes cérébraux et l'intestin stomacal*, on voit :

1° Qu'excepté les accidents d'expériences, toutes les têtes régénèrent parfaitement leurs parties postérieures avec tous les organes dans 1 à 2 mois; 2° que les parties postérieures (avec le tube digestif tout entier, mais sans cerveau, et les organes cérébraux) dans certains cas (*forme* A), même au bout de 4 à 5 mois, ne montrent presque aucune ébauche de régénération; dans d'autres cas (*forme* B), la régénération de la tête est complète au bout de 10 à 20 jours.

c. En tranchant l'animal transversalement *en plusieurs* (4 *à* 8) *morceaux*, on constate : 1° que chez *la forme* A, presque aucune régénération ne se produit dans

les tranches privées du cerveau; 2° que chez *la forme* B, on trouve au bout de 15 à 20 jours *autant de nouveaux* individus qu'il y avait de tranches.

II. L'examen très minutieux des caractères morphologiques de deux formes (A et B) n'a pas révélé de différences : tous les organes intérieurs ont la même forme. Sur les coupes je n'ai pas pu constater non plus de différences de structure. La couleur est la même; cependant la *forme* B se distingue par sa faible largeur ($\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ de millimètre) sur une longueur dépassant de beaucoup celle de la *forme* A.

III. En excitant légèrement les animaux de la *forme* A avec une aiguille, on voit que ceux-ci se contractent fortement jusqu'à un tiers de leur longueur en devenant en même temps un peu plus larges. La *forme* B, au contraire, ne se contractait presque pas du tout, sa longueur et sa largeur restant sensiblement les mêmes, mais en revanche elle s'entortillait en spirale. Ces deux réactions physiologiques sont constantes et caractéristiques pour les formes A et B.

Les deux formes A et B présentent alors des différences physiologiques très importantes dans leur système musculaire. Sur les coupes je n'ai pas réussi à constater dans les couches musculaires de différences de structure. En analysant cependant le mécanisme de la contraction de la musculature du corps chez les deux formes de *L. ruber*, on arrive à la conclusion que chez la forme A la contraction du corps, suivant l'axe longitudinal, se produit lorsque les muscles longitudinaux se contractent, tandis qu'en même temps la *musculature circulaire* du corps *se relâche*. Chez la forme B, la *musculature circulaire se contracte* en même temps que les muscles longitudinaux; l'effet produit par cette double contraction n'est pas une diminution de la longueur, mais bien un entortillement plus ou moins en spirale.

Les raisons morphologiques de ces différents phénomènes physiologiques reposent peut-être dans le système nerveux périphérique ou central. Sur les coupes on n'y constate cependant aucune différence. D'autre part la méthode de la coloration vitale, très capricieuse, ne m'a pas donné de résultats satisfaisants en ce qui concerne le système nerveux.

En résumé, je constate que chez *Lineus ruber* (Müll.), var. rouge brunâtre, existent *deux formes* qui, à part les différences relatives de longueur et largeur, ne présentent pas de différences dans les caractères morphologiques; les différences sont: 1° d'ordre physiologique (point III), et 2° d'ordre biologique (point I, *a*, *b*, *c*).

Quelle corrélation peut exister entre ces deux faits : deux façons différentes de contraction musculaire et deux façons de régénérer la tête? Cela reste à étudier. Il serait encore trop tôt peut-être de créer des *espèces biologiques*.

HYDROLOGIE. — *Sur le phénomène d'intermittence du gouffre de Poudak (Hautes-Pyrénées)*. Note de M. **E.-A. Martel**.

A 8^{km} sud-ouest de Montréjeau, la Carte au 80000e figure, au hameau de Plan-de-Ponts, un bassin qu'elle dénomme « Gouffre » à la tête du thalweg de l'Aize.

Au cours des recherches d'hydrologie souterraine dont je suis chargé par le Ministère de l'Agriculture, j'ai eu l'occasion, le 30 août 1908, et d'après les indications de M. L. Jammes, professeur adjoint à l'Université de Toulouse, de constater là les faits inconnus suivants :

Le nom véritable est *gouffre de Poudak;* vers 540^m d'altitude, dans le calcaire urgo-aptien, c'est un très pittoresque trou à pic, grossièrement quadrangulaire, entouré d'arbres, long de 30^m, large de 10^m, profond de $19^m,50$ jusqu'au bassin d'eau qui en remplit le bas; ce bassin lui-même mesure de 3^m à $14^m,50$ de profondeur. Des siphons impénétrables existent à ses deux extrémités. Avec MM. Jammes, Jeannel et Rudaux, nous y avons constaté le phénomène d'oscillation suivant dans le niveau de l'eau. Celle-ci monte de 4^m en 15 minutes, reste étale pendant 3 minutes et redescend en 40 minutes, rapidement pour le premier mètre, lentement pour les trois suivants; la durée de chaque *pulsation* complète est donc de 58 minutes; nous en avons observé trois, en 3 heures de temps.

Il n'y a point d'étale entre la fin de la descente et le début de la remontée suivante.

A 125^m ou 150^m au nord-est du gouffre de Poudak, se trouve un autre creux de dimensions analogues, mais bien moins profond. Là aussi le phénomène d'intermittence se manifeste, mais sous la forme de l'apparition et du tarissement alternatifs d'un vrai torrent; celui-ci, à travers des éboulis absolument impénétrables, se fait jour par l'amont de l'excavation et disparaît à nouveau par l'aval.

Le jeu de l'oscillation dure exactement moitié moins que dans le gouffre

de Poudak même, c'est-à-dire 29 minutes seulement : 8 minutes pour la montée du torrent et le remplissage du creux, 15 minutes pour la descente du flux et la vidange, 6 minutes pour l'arrêt et l'assèchement complet. Nous avons *minuté* quatre oscillations en 2 heures.

Plus en aval encore, tout un système de canaux souterrains, de pertes bifurquées, très curieusement disposées, aboutit à la sortie définitive de l'eau vers 510^{m} d'altitude.

On ne saurait émettre que des hypothèses imprécises sur l'existence de siphons d'inégaux diamètres, de bassins à orifices superposés, de canaux à plusieurs étages qui provoquent sans doute cette intermittence, plus singulière encore que celle de Fontestorbes, dans l'Ariège. D'ailleurs, d'après les renseignements recueillis sur place, le phénomène ne serait pas très fréquent. En tout cas, je n'en ai trouvé mention nulle part. Nous avons dû sa constatation à une copieuse chute de pluie survenue dans la nuit du 29 au 30 août.

La fluorescéine que nous avons jetée dans le bassin du gouffre de Poudak est apparue dans la seconde excavation au bout de 45 minutes. Divers autres détails, trop longs à rapporter ici, achèvent d'établir qu'il serait très intéressant d'entreprendre, en temps de sécheresse, le déblaiement du deuxième creux. Peut-être accéderait-on ainsi à des cavités qui révéleraient le véritable mécanisme des oscillations constatées et qui expliqueraient matériellement la théorie encore si obscure des fontaines intermittentes. En attendant, le gouffre de Poudak et ses dépendances doivent être désormais considérés comme un des plus singuliers exemples de cette sorte de phénomène naturel.

GÉOLOGIE. — *Sur les racines des nappes supérieures des Alpes occidentales.* Note de M. **Émile Haug**, présentée par M. Michel Lévy.

Il existe dans l'Embrunais et dans l'Ubaye un empilement de nappes qui n'est pas sans analogies avec celui des Préalpes. On y observe en recouvrement (E. Haug et W. Kilian, 1892), par-dessus la série autochtone à faciès dauphinois, la série suivante, dont les faciès rappellent tantôt la nappe moyenne des Préalpes (V), tantôt la nappe supérieure (VI) : Trias composé de quartzites, de calcaires gris très développés (VI), d'argilo-

lithes rouges et vertes (V); Rhétien fossilifère (V); Lias calcaire avec silex (V); Tithonique coralligène (VI); Néocomien à Bélemnites (V).

Les nappes de l'Ubaye ne viennent pas de loin, car les faciès du Trias supérieur et du Lias se retrouvent avec des caractères identiques près de Jausiers, dans le soubassement autochtone. Elles appartiennent au bord externe de la zone du Briançonnais. Lorsqu'on se dirige vers le bord opposé, on voit le Lias prendre le faciès de la brèche du Télégraphe (VII) et le Tithonique, celui des marbres bréchoïdes de Guillestre et des calcaires phylliteux (W. Kilian).

L'étude des faciès nous conduit à homologuer l'ensemble de la zone du Briançonnais aux nappes V, VI et VII.

Si nous suivons la zone du Briançonnais vers le Nord, nous la voyons passer en effet derrière la zone du mont Blanc. Sur son bord externe prend naissance la zone des Schistes Lustrés de la Seigne et du Val Ferret, continue avec celle du Valais, où nous avons supposé que se trouvait la racine de la nappe V. La région axiale de la zone du Briançonnais se prolonge de même au Nord par l'anticlinal du Grand Saint-Bernard, racine présumée de la nappe VI.

Des brèches liasiques ont été signalées sur le bord externe de la zone du Briançonnais, près de Moutiers-en-Tarentaise, dans le Val Ferret et près de Sion; aussi M. Schmidt cherche-t-il la racine de la Brèche en deçà de la zone du Grand Saint-Bernard. Mais comme il existe également des brèches vers le bord interne du Briançonnais, il est plus logique de placer la racine de la nappe VII au delà de la zone axiale, c'est-à-dire au delà de la racine que nous attribuons à la nappe VI. *Ni les nappes des Préalpes ni la nappe de la Brèche n'ont leurs racines sur le bord méridional des Alpes occidentales, aucune d'elles n'est une nappe à racines internes* (au sens de M. Lugeon).

Cette conclusion se trouve pleinement vérifiée par les remarquables travaux entrepris récemment dans les Grisons. M. Steinmann et ses élèves ont, en effet, très nettement établi que, dans cette région, les nappes helvétiques sont séparées des nappes des Alpes orientales, sous lesquelles elles s'enfoncent, par plusieurs nappes qui se succèdent partout dans le même ordre et qui correspondent, aussi bien par leurs faciès que par leur ordre de superposition, aux nappes de la Suisse centrale. Ces nappes sont les suivantes : 1° la masse puissante des schistes des Grisons, qui se trouve dans le prolongement des Schistes Lustrés du Valais et en continuité avec eux ; 2° la nappe supérieure des Préalpes (VI), caractérisée ici aussi par de puissants calcaires triasiques et par le Tithonique coralligène de la Sulzfluh ; 3° la nappe de la Brèche (VII), avec brèches liasiques identiques à celle du Chablais ; 4° la nappe des roches ophioli-

thiques (VIII), que nous définirons tout à l'heure; 5° la nappe inférieure des Alpes orientales. Cette superposition se retrouve jusque dans la région au nord du Splügen (H. Meyer, Welter), mais on ne peut guère espérer suivre les nappes à travers le Tessin et les raccorder avec les racines valaisanes, car, dans cette partie des Alpes, par suite d'une surélévation transversale très intense, toute la couverture sédimentaire des massifs cristallophylliens a disparu par dénudation (Lugeon et Argand). Seuls, les Schistes Lustrés et le Trias sous-jacent sont conservés dans les synclinaux qui pénètrent dans les grands plis couchés du Simplon et dans ceux du sud-ouest des Grisons (Adula, Tambo, Suretta). Tous ces plis, que l'on a assimilés à tort à des nappes, font partie de la zone des Schistes Lustrés du Valais; l'anticlinal du Grand Saint-Bernard passe plus au Sud et peut être suivi sans difficultés jusqu'à Domodossola.

La *Nappe ophiolithique* (nappe rhétique, Steinmann, non Rothpletz), dont M. Steinmann (1905) a établi l'existence, est constituée principalement par des calcschistes basiques, avec serpentines, euphotides, variolites, etc., et par des *radiolarites* du Jurassique supérieur.

Le même géologue a montré que, dans la Suisse occidentale, il existe, par-dessus les témoins de la nappe VII ou sur la nappe sous-jacente, des lambeaux de la nappe VIII, avec les mêmes roches vertes et les mêmes radiolarites (Fr. Jaccard, Rabowski, Jeannet). Des lambeaux semblables se retrouvent jusque dans le Chablais, où l'on connaît depuis longtemps des serpentines et des porphyrites variolitiques (Michel Lévy) superposés au Flysch qui enveloppe la Brèche. Enfin, plus au Sud encore, la même nappe a laissé des témoins superposés aux terrains de la zone du Briançonnais, au mont Jovet, près Moutiers (M. Bertrand), et à Prorel, près Briançon (P. Termier), sous la forme de schistes plus ou moins métamorphiques, avec *roches vertes* intercalées.

Conformément aux constatations faites pour les nappes précédentes, la racine de la nappe VIII doit se trouver en arrière du bord sud-est de l'anticlinal du Grand Saint-Bernard. Et, en effet, la *zone du Piémont* fait suite immédiatement à cet anticlinal, et l'on sait qu'elle comprend d'immenses épaisseurs de Schistes Lustrés, qui diffèrent de ceux du Valais par le grand développement qu'y prennent les roches ophiolithiques. Les deux masses, à peu près synchroniques, ont été à tort confondues; elles sont séparées par la zone du Grand Saint-Bernard, exactement comme les Schistes Lustrés des Grisons (V), prolongement de ceux du Valais, sont séparés des Schistes verts de la nappe ophiolithique (VIII) par les nappes VI et VII. Mais, tandis que la nappe ophiolithique des Grisons n'est qu'une lame d'une épaisseur relativement faible, où les couches secondaires sont privées de leur soubassement cristallophyllien, le substratum des Schistes Lustrés du Piémont apparaît sous la forme d'anticlinaux de calcaires néotriasiques, qui permettent d'attribuer la plus grande partie des schistes au Lias (S. Franchi), soit

sous la forme de grandes carapaces de roches cristallophylliennes (mont Rose, Grand Paradis, etc.), que MM. Lugeon et Argand envisagent, avec raison, comme les affleurements du flanc normal de vastes plis couchés encore partiellement enfouis.

Ces plis s'escaladent, comme font ceux de la région du Simplon. On conçoit très bien qu'en surface de tels accidents se soient traduits par des nappes et que la couverture sédimentaire des massifs cristallins ait été charriée sur les zones plus extérieures des Alpes. C'est ainsi qu'a pris naissance la nappe des roches ophiolithiques. La nappe VIII a donc sa racine dans la zone du Piémont et mériterait le nom de *nappe du Piémont*. Tous ses faciès caractéristiques s'y retrouvent, même les radiolarites du Jurassique supérieur, dont C.-F. Parona a découvert, dès 1892, un affleurement à Cézanne, en pleine région des roches vertes.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension de la craie marneuse aux environs de Foucarmont (Seine-Inférieure).* Note de M. **Paul Lemoine**, présentée par M. Michel Lévy.

La géologie de la haute vallée de l'Yères, à hauteur de Foucarmont, a été peu étudiée ; je ne connais même aucun travail sur cette question. La Carte géologique en a cependant été dressée, à l'échelle du $\frac{1}{80000}$, d'abord par Passy (1861), puis par le Service de la Carte géologique (1871) ; sur cette dernière, toute la région a été teintée en craie blanche sénonienne, la craie marneuse turonienne n'affleurant que dans le fond de la vallée, à Foucarmont même. Ces données ont été reproduites depuis sur la Carte de France au $\frac{1}{320000}$.

Or, des explorations que j'ai faites pour la revision de la Carte géologique détaillée, il résulte que toute la haute vallée de l'Yères est constituée, non par de la craie blanche sénonienne, mais par de la craie marneuse turonienne. La limite des deux craies doit être reportée, de Foucarmont où elle était marquée, jusqu'à hauteur de la route de Ventes-Mares-Mésengères au Caule-Sainte-Beuve, c'est-à-dire à environ *huit kilomètres en amont*. Des modifications analogues doivent être faites dans tous les vallons latéraux et dans une partie de ceux qui vont à la Bresles, vers Vieux-Rouen et Bouafles, de sorte que la cartographie géologique de cette région en sera complètement modifiée.

Il est rare que, dans une région aussi bien connue que le Bassin de Paris, on puisse encore relever des rectifications de cette importance.

La craie qui affleure dans la haute vallée de l'Yères est, en effet, presque exclusivement de la craie marneuse.

Il y a de cela des *preuves multiples :*

1° Des *preuves pétrographiques.* — La craie blanche et la craie marneuse sont assez faciles à distinguer à l'aspect; de plus la craie blanche est chargée de silex, aux formes ramifiées, très gros, très compacts, de couleur bleue; la craie marneuse, au contraire, ne contient que très peu de silex; ceux-ci sont petits, moins durs, souvent même assez tendres, gris-jaunâtres; ce caractère des silex dans les deux craies paraît constant, aussi bien dans la vallée de l'Eaulne à l'Ouest que dans celle de la Bresles à l'Est, où je suis d'accord avec mes prédécesseurs sur la limite à adopter. Il est donc légitime d'appliquer ce criterium dans la vallée de l'Yères, intermédiaire.

2° Des *preuves topographiques.* — L'aspect des formes du terrain, la nature de la végétation et des cultures sont très différents dans les deux craies; ils le sont même à ce point qu'ils peuvent se voir au simple aspect de la Carte topographique détaillée.

3° Des *preuves stratigraphiques.* — La craie marneuse est surmontée par la zone de base de la craie blanche, avec très gros silex, qui contiennent des fossiles caractéristiques : *Cyphosoma radiatum* Sorigné; *Salenia granulosa* Forbes (*in* Cotteau) : *S. incrustata* Cotteau (*fide* Lambert), *Cidaris clavigera* Kœnigh; *Micraster* cf. *Normanniæ* Bucaille, *Holaster* sp. Cette zone fossilifère est caractéristique et facile à suivre depuis les points où elle est bien connue et repérée, comme Aumale, jusqu'au-dessus de la craie de Foucarmont. On a donc ainsi la preuve que celle-ci, située au-dessous de la base de la craie blanche sénonienne, est bien turonienne.

4° Des *preuves paléontologiques.* — Cette craie de Foucarmont est elle-même fossilifère; elle contient de nombreux débris d'*Inoceramus labiatus* et des *Terebratulina* cf. *gracilis,* fossiles considérés comme caractéristiques du Turonien.

En résumé, dans la plus grande partie de la vallée de l'Yères en amont de Foucarmont, il faudra substituer de la craie marneuse turonienne à la craie blanche sénonienne qu'on y avait marquée. Il est même possible qu'on puisse prouver l'existence de craie cénomanienne dans le fond de la vallée, à Foucarmont même.

Ces modifications auront un retentissement sur le tracé des axes tectoniques de la région; le synclinal de la vallée de l'Yères, qui débute sur la côte de la Manche à Criel, était encore assez net à Foucarmont, d'après la Carte ancienne; il ne l'est plus d'après les limites nouvelles.

M[lle] E. Branscombe Wood adresse une *Étude sur la production scientifique de la voix*.

(Renvoi à l'examen de MM. d'Arsonval et Dastre.)

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 24 mai 1909.

Associazione internazionale delle Accademie. Relazione per le riunioni del Comitato da tenersi in Roma nei giorni 1-3 del giugno 1909. Rome, imp. de la *R. Accademia dei Lincci*, 1909; 1 fasc. in-4°.

Carte du Chari, dressée par G. Bruel, 1905-1906, par ordre de M. Gentil, Commissaire général du Congo français; feuilles 1-19. Paris, Service géographique des Colonies; 19 feuilles in-plano. (Présentée par M. Bouquet de la Grye. Hommage de la colonie du Congo français et de l'auteur.)

Note sur la construction et la rédaction de la Carte de reconnaissance de la région du Chari, par M. G. Bruel. Paris, Augustin Challamel, 1908; 1 fasc. in-8°.

Idées nouvelles sur les tremblements de Terre, par M. Teissonnier. Paris, Monroty et Brunet, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Gesammelte mathematische Werke, von L. Fuchs, herausgegeben von Richard Fuchs und Ludwig Schlesinger; Bd. III : *Abhandlungen* (1888-1902) *und Reden,* redigirt von Richard Fuchs. Berlin, Mayer et Müller, 1909; 1 vol. in-4°. (Hommage des auteurs.)

Commissao geographica e geologica de Estado de S. Paulo; folha de *Bragança,* escala 1 : 100000, edicao preliminar, 1909. S. Paulo e Rio, Hartmann Reichenbach; 1 feuille in-plano.

Swedish explorations in Spitzbergen 1758-1909 : *Historical sketch,* by A.-G. Nathorst. *Bibliography,* by J.-M. Hulth. *List of maps,* by G. de Geer. Stockholm, 1909; 1 fasc. in-8°.

Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. III : *Die Brandungsbewegungen des Erdbodens und ein Versuch ihrer Verwendung in der praktischen Meteorologie,* von FRANZ LINKE, mit 3 Tafeln. Berlin, Weidmann, 1909; 1 fasc. in-4°.

Équivalentes tangenciales, par D. JOSÉ PUEYO GARCIA. Pontevedra, 1909; 1 fasc. in-8°.

Observatoire royal de Belgique. *Annuaire météorologique pour* 1909, publiée par les soins de J. VINCENT. Bruxelles, 1908; 1 vol. in-12.

Year-Book of the Royal Society, 1909. Londres, Harrisson et fils, 1909; 1 vol. in-8°.

Commission géologique du Canada. *Rapport annuel* (nouvelle série), t. XII, 1899; texte et cartes. Ottawa, 1902; 1 vol. et 1 étui in-8°.

ERRATA.

(Séance du 5 avril 1909.)

Note de M. *Florence*, Le dosage précis, par gazométrie, de l'urée et de l'ammoniaque urinaires :

Page 944, ligne 16, *au lieu de* pour 100 d'urée décomposée, *lisez* pour 100 d'urée non décomposée.

Même page, ligne 26, *au lieu de* la proportion d'urée décomposée, *lisez* la proportion d'urée non décomposée.

Page 945, ligne 25, *au lieu de* 19^{cm^3}, *lisez* 10^{cm^3}.

Même page, ligne 4 en remontant, *au lieu de* litre d'urée, *lisez* litre d'urine.

Page 946, ligne 8, *au lieu de* 36^{cm^3} *lisez* 36^{cg}.

(Séance du 3 mai 1909.)

Note de MM. *A. Besson* et *L. Fournier*, Action de quelques agents oxydants sur le silicichloroforme :

Page 1193, lignes 11 et 12, *au lieu de* protoxyde d'azote, *lisez* peroxyde d'azote.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 1er JUIN 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Bigourdan**, qui a représenté l'Académie à l'inauguration du monument de *Gogol*, rend compte des cérémonies qui ont eu lieu à cette occasion et de l'accueil extrêmement amical qu'y ont reçu les délégués de l'Institut.

AGRONOMIE. — *Les relations entre la perméabilité des terres et leur aptitude à l'irrigation.* Note de MM. **A. Müntz** et **L. Faure**.

Dans nos premières études sur les relations qui existent entre les propriétés physiques des terres et leur aptitude à l'irrigation ([1]), nous avons montré que la notion de perméabilité, c'est-à-dire la faculté du sol à absorber l'eau et à se laisser traverser par elle, dominait le problème de l'utilisation agricole des eaux. La détermination de cette donnée n'avait fait l'objet d'aucune étude en France, et c'est à l'ignorance où nous nous trouvions à cet égard qu'il faut, ainsi que nous l'avons fait ressortir dans notre précédente Communication, attribuer en grande partie les erreurs économiques commises dans notre pays lors de la création de certains canaux d'arrosage.

Les terres arrosables se rencontrent le plus souvent dans des vallées constituées par des alluvions anciennes ou modernes et ont par suite un mode de formation analogue. Il semblait donc naturel d'admettre, *a priori*, que

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 329. — Ces études ont été entreprises sur la demande de la Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles, au Ministère de l'Agriculture, et poursuivies avec son concours.

leurs propriétés physiques offraient peu de variations et qu'elles devaient, notamment, se comporter, vis-à-vis de l'eau, d'une façon identique. Aussi était-on disposé à admettre que toutes ces terres étaient également arrosables et à leur fournir, à peu près partout, pour les mêmes cultures, des volumes d'eau du même ordre, distribués dans des conditions relativement peu différentes.

C'est là une erreur très grave. Nos premières recherches nous ayant précisément montré que certaines alluvions, regardées comme identiques, étaient jusqu'à 600 fois plus perméables les unes que les autres et que les résultats culturaux qui y étaient obtenus étaient en relation étroite avec leur perméabilité, il devenait évident que la détermination de cette propriété était un problème d'un grand intérêt agricole. De là l'utilité de nos nouvelles recherches.

Pour évaluer la perméabilité, que nous définissons par la quantité d'eau qui s'infiltre dans une terre en un temps donné et sous une charge constante, nous avons dû, en premier lieu, étudier une méthode d'observation et établir une échelle permettant de classer les terres et de les comparer entre elles. L'appareil que nous employons consiste en un cylindre de tôle d'acier, dont la section a 1^{dm^2} de surface et dont la partie inférieure est aiguisée de façon à pouvoir être enfoncée perpendiculairement dans le sol, à 5^{cm} de profondeur, par un simple mouvement de rotation, incapable d'ébranler la terre. Ce cylindre, une fois en place, est recouvert d'un flacon gradué, renversé, rempli d'eau et muni d'un bouchon portant un tube taillé en biseau. Ce flacon, disposé de manière à maintenir dans le cylindre une hauteur d'eau constante de 3^{cm}, permet de mesurer la vitesse d'infiltration. Dans notre échelle de perméabilité, le point 0 correspond à une argile plastique où l'eau ne pénètre pas; le point 100 à une terre très sableuse (Alvent, Dordogne), où l'eau pénètre avec une vitesse de 1^{m} par heure. Chaque degré de l'échelle correspond de la sorte à une infiltration de 1^{cm} de hauteur d'eau par heure, avec une charge constante de 3^{cm}.

En possession de cet instrument de mesure, d'un transport et d'un maniement faciles, nous avons pu effectuer de nombreuses déterminations, tant dans des terres appartenant à des régions desservies par des canaux d'arrosage, que dans des périmètres pour lesquels la construction de nouveaux canaux est en projet ou à l'étude. Voici quelques résultats classés par ordre de perméabilité croissante :

	Degré de perméabilité.
Las Rives, commune de Verniolle (Ariège), alluvions anciennes de l'Ariège, 1re terrasse (boulbènes)	0,00
Villeneuve-Tolosane (Haute-Garonne), alluvions caillouteuses anciennes de la Garonne (3e terrasse)	0,08

	Degré de perméabilité.
Métairie de Lalamec, Passage d'Agen (Lot-et-Garonne), basse plaine de la Garonne (boulbènes)	0,18
Cugnaux (Haute-Garonne), alluvions anciennes de la Garonne	0,90
Ondes, École d'Agriculture (Haute-Garonne), alluvions modernes de la Garonne	1,00
Prépieux, vallée du Forez (Loire), alluvions modernes de la Loire	1,00
Environs de Carpentras (Vaucluse), diluvium alpin caillouteux	5,00
Les Chabanneries (Drôme), alluvions modernes du Rhône	8,30
Passage à niveau de Rey, Carpentras (Vaucluse), terres d'éboulis sur un coteau de molasse	8,40
La Tailladière, vallée du Forez (Loire), niveau supérieur des alluvions anciennes	12,00
Mas Saint-Antonin, près de Pamiers (Ariège), alluvions récentes de l'Ariège	15,00
Monteux (Vaucluse), alluvions anciennes, non caillouteuses	17,00
Prépieux, vallée du Forez (Loire), alluvions anciennes de la Loire	21,00
Sourrive, commune de Verniolle (Ariège), alluvions diluviennes de l'Ariège (2e terrasse)	26,50
Chaffines, commune de Portes (Drôme), diluvium alpin très caillouteux	48,00
Le Valentin (Drôme), diluvium alpin très caillouteux	52,00
Les Chabanneries (Drôme), diluvium alpin très caillouteux	141,00

On voit quelles énormes différences, depuis 1 jusqu'à 1500 et même au delà, offrent des terrains qu'on était habitué à considérer comme sensiblement identiques, dans l'élaboration des projets de canaux et dans le mode de distribution des eaux.

Examinons maintenant la valeur pratique de notre classification, en comparant nos déterminations avec les résultats cultivaux et économiques donnés par l'arrosage des terrains étudiés.

Si nous considérons les régions à très faible perméabilité, correspondant par exemple à une pénétration de moins de 5^{mm} par heure, comme celles formées par certains terrains d'alluvions de la Garonne, on constate des insuccès fréquents; l'eau conduite sur le sol ne s'y infiltre pas, elle court à sa surface, s'accumule dans les parties basses et y forme des flaques ou des mares où les espèces cultivées dépérissent et où les plantes des marais apparaissent. C'est une opinion accréditée que souvent les irrigations ne réussissent pas dans la vallée de la Garonne; on ne connaissait pas la cause de

ces insuccès; nos études montrent que c'est au manque de perméabilité des terres qu'il faut les attribuer.

Ce que nous avons observé sur des terres soumises à l'arrosage peut servir d'indication pour de nouveaux aménagements. Ainsi les terres de cette nature se rencontrent fréquemment, surtout dans le sud-ouest de la France, où elles occupent, en particulier, une surface étendue dans le périmètre arrosable du canal latéral de la Garonne, dont on a l'intention d'utiliser les eaux pour l'arrosage. Or ce périmètre, notablement supérieur à 200000^{ha}, ne pourra emprunter au canal qu'un volume d'eau susceptible d'en irriguer 6 à 7000. D'après ce qui précède, il serait désirable d'utiliser ces eaux, autant que possible, sur les terrains les plus perméables, permettant d'en tirer le parti le plus avantageux. Nos déterminations montrent que ces derniers terrains se trouvent surtout aux confluents, avec la Garonne, du Tarn, du Lot, etc., où les alluvions du cours d'eau principal, remaniées par celles de ses affluents charriant des matériaux d'origines géologiques différentes, se trouvent avoir une perméabilité plus grande et constituent, par suite, des sols notablement plus aptes à utiliser les eaux d'irrigation.

En dehors même de ces surfaces, toutes les terres de cette zone ne sont d'ailleurs pas imperméables au point que l'arrosage ne puisse y donner, sans précautions spéciales, de bons résultats. Par exemple, à l'École d'Agriculture d'Ondes, près de Grenade, dans la basse plaine de la Garonne, l'arrosage donne des bénéfices déjà sensibles avec les prairies naturelles et artificielles. Là, les terres ont une perméabilité de 1^{cm}, faible encore il est vrai, mais cependant bien supérieure à celles dont nous avons parlé plus haut, et permettant à l'eau de s'infiltrer jusqu'à une certaine profondeur et de former ainsi une réserve qu'utilise la végétation. Nous voyons là, à peu près, la limite inférieure à laquelle la perméabilité permet un arrosage sûrement avantageux.

Les irrigations de la Provence, avec les eaux de la Durance, sont célèbres par les résultats qu'elles donnent depuis plusieurs siècles. Sur le périmètre du canal de Carpentras, où l'emploi de l'eau a amené une très grande prospérité agricole, nous trouvons une perméabilité beaucoup plus élevée, variant de 5^{cm} à 15^{cm} en général, et s'élevant parfois jusqu'à 25^{cm}. Ce sont là les conditions les plus favorables, comme en témoignent les résultats obtenus.

Pourtant, dans d'autres parties de la région du Sud-Est, comme dans le bassin de la Garonne, on constate des insuccès, ici ordinairement attribués à la qualité de l'eau. Nos recherches ont montré qu'ils devaient être mis sur

le compte de l'excessive perméabilité du sol, qui se range alors aux environs du degré 50 de notre échelle. Dans ce cas, au premier contact, l'eau traverse le sol et va se perdre dans les couches inférieures, s'infiltrant si rapidement, qu'elle arrive seulement à une faible distance des rigoles distributrices. Les parties les plus rapprochées de ces rigoles sont donc seules arrosées et, par suite, les bienfaits de l'arrosage ne se font sentir que sur une étroite bande de terrain. On voit par là qu'une perméabilité très forte est une cause d'insuccès de l'irrigation, au même titre qu'une perméabilité très faible.

C'est donc avec des perméabilités moyennes, comprises d'ailleurs entre des limites très larges, soit de 1 à 25 ou 30, que les arrosages donnent sûrement de bons résultats. Dans les cas de perméabilités extrêmes, un peu inférieures à 1, ou supérieures à 30, le problème devient au contraire très délicat, et il faudra, avant de consentir les grands sacrifices qu'entraîne la construction d'un canal, de ses diverses branches et de ses filioles, procéder à une étude très serrée de la question au point de vue économique.

Sur des sols de perméabilité très faible, l'eau ne donnera, en effet, des résultats que sous la condition de pratiquer un aménagement très soigné de la surface des terrains et d'y établir un réseau de fossés d'assainissement et de colature, travaux très coûteux.

Si, au contraire, la perméabilité est excessive, il conviendra d'amener à la fois sur le terrain des masses d'eau considérables, avec un module [1] suffisant pour que l'eau puisse atteindre, avant de s'infiltrer entièrement, l'extrémité des parcelles, ce qui se traduira également, surtout si le terrain n'offre qu'une faible pente, par des dépenses élevées, principalement pour l'étanchement des rigoles. Dans les deux cas, il faudra donc consentir des avances de fonds bien plus considérables que sur les sols de perméabilité moyenne.

Il est vrai que les terres de perméabilités extrêmes constituent des exceptions, mais des exceptions très fréquentes et qui s'étendent à de vastes régions. L'examen de la perméabilité devra donc faire partie de l'étude de l'avant-projet d'un canal d'arrosage, si l'on veut éviter des écoles coûteuses et des insuccès possibles.

La connaissance de cette donnée n'est, d'ailleurs, pas uniquement désirable en vue de l'étude économique des projets; elle permettra, en outre, la

---

(1) Le module est le volume d'eau fourni à la seconde par les canaux du dernier ordre du réseau de distribution.

détermination, pour un terrain envisagé, des divers éléments fondamentaux des projets d'arrosage, savoir : le module à adopter, l'intervalle de temps à laisser entre deux arrosages successifs, la durée de ces arrosages et, par suite, le volume d'eau total annuel qu'il convient d'employer par unité de surface. Les recherches que nous poursuivons actuellement dans le périmètre de plusieurs canaux conduisent, en effet, à penser qu'il existe, entre ces divers éléments et le degré de perméabilité des sols, des relations étroites. En particulier, ceci n'est pas douteux pour le module qui, pour obtenir un bon arrosage, doit, ainsi qu'on l'a fait pour certains canaux, et comme l'a indiqué M. Crevat ([1]) dans des recherches faites avec M. Carrier, être proportionné dans une certaine mesure à la nature des terres. La détermination, dans chaque cas particulier, du module le plus convenable permettra certainement d'atténuer, dans une très large mesure, les inconvénients d'une très faible ou d'une trop forte perméabilité. De l'ensemble de nos observations on peut, en résumé, tirer les conclusions suivantes :

1° Le degré de perméabilité des sols est le facteur essentiel de leur aptitude à utiliser l'eau.

2° Dans les cas de perméabilités extrêmes, l'irrigation présente des difficultés spéciales, se traduisant, en général, par des dépenses supplémentaires qui diminuent les bénéfices de l'entreprise et peuvent souvent les rendre économiquement irréalisables.

3° Lorsque le périmètre arrosable renferme des terrains de perméabilités diverses et que, ce qui est fréquemment le cas, la quantité d'eau dont on dispose est limitée, il convient, toutes choses égales d'ailleurs, de réserver l'eau disponible aux terrains de perméabilité moyenne.

4° La détermination du degré de perméabilité doit faire partie de l'établissement des projets de canaux d'arrosage. De cette donnée dépendent, en particulier, l'opportunité de la création du canal, le module à adopter, le mode de distribution des eaux (espacement et durée des arrosages) et le volume total à employer annuellement par hectare.

En prenant en considération ces propositions, on évitera le renouvellement d'erreurs quelquefois commises et qui ont abouti à des sacrifices considérables faits en pure perte, et l'on portera les efforts que nécessite la création de nouveaux canaux sur des régions où l'apport de l'eau peut amener une réelle prospérité agricole.

([1]) *Conditions de l'irrigation rationnelle des terres.*

HYDRAULIQUE. — *Sur les premiers résultats obtenus par la Mission d'étude des grandes forces hydrauliques des Alpes et des Pyrénées*. Note de M. **Michel Lévy**.

Un arrêté du Ministre de l'Agriculture du 25 mars 1903 « a organisé l'étude des questions qui se rapportent à l'évaluation des grandes forces hydrauliques en pays de montagne et à l'utilisation de l'énergie produite par l'aménagement des cours d'eau ou de l'eau elle-même ». Ce service, qui a été confié à la Direction de l'Hydraulique et des Aménagements agricoles, a d'abord été constitué dans le Sud-Est sous le titre de *Mission d'étude des grandes forces hydrauliques de la région des Alpes* et confié dans cette région à MM. R. Tavernier et R. de la Brosse, ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées. Tout récemment, il vient d'être étendu aux Pyrénées sous la direction de M. R. Tavernier.

Les trois premiers Volumes publiés par ce service fournissent de très importants renseignements. C'est d'abord des Tableaux planométriques des surfaces en fonction de l'altitude dans la plupart des bassins hydrographiques des Alpes françaises (voir t. I, fasc. 32, p. 17). Ces opérations ont permis à M. de la Brosse de calculer l'altitude moyenne de tous ces bassins. C'est un progrès considérable dans la connaissance des Alpes françaises, dont le relief moyen n'avait jamais été calculé. Les Volumes renferment les résultats des jaugeages effectués en 1904, 1905 et 1906 sur un grand nombre de rivières des Alpes.

Il y a lieu d'appeler l'attention sur ce fait très important que ces opérations accusent des débits notablement inférieurs à ceux indiqués par les mesures faites antérieurement à la création du service.

Les études poursuivies par la Mission d'étude ont donc un intérêt tout à la fois scientifique et pratique.

GÉOLOGIE. — *Sur les granites, les gneiss et les porphyres écrasés de l'île d'Elbe.* Note de M. **Pierre Termier.**

Nous avons établi l'année dernière, M. Eug. Maury et moi [1], que la Corse orientale est un admirable *pays de nappes*, et nous avons insisté sur

[1] P. Termier et E. Maury, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1426.

l'intensité des phénomènes d'écrasement dans la *lame* granitique qui forme la base de la nappe de Ponte-Leccia, de Saint-Florent et de Macinaggio. Le *granite écrasé* (*mylonite granitique*) devient, en Corse, un véritable *terrain* géologique, puissant parfois de plusieurs centaines ou même d'un millier de mètres; et c'est lui qui sert de guide dans l'étude tectonique, ainsi que M. Maury le montrera encore, aujourd'hui même, à l'Académie, dans une Note qui résume ses dernières observations.

Il était naturel de se demander si, dans l'île d'Elbe, où chacun sait qu'il y a du granite, des gneiss et un porphyre quartzifère intimement mêlé à l'Éocène, ces roches ne présenteraient pas, çà et là, des traces d'un écrasement analogue. L'île d'Elbe n'est qu'à 50^{km} de la Corse. Sa liaison à l'Apennin n'est pas douteuse. Le problème pétrographique confine ainsi à un problème tectonique de la plus haute importance, qui est celui des rapports des Apennins avec les Alpes et de l'exacte situation de la Corse dans la grande chaîne alpine (1). J'ai donc voulu visiter l'île d'Elbe; et j'ai consacré à cette visite une partie du mois de mai, ayant constamment sous les yeux l'excellente monographie de M. B. Lotti, et la Carte géologique, à l'échelle de $\frac{1}{25000}$, qui y est jointe (2) et dont la précision et l'exactitude sont vraiment au-dessus de tout éloge.

Voici un premier résultat de mon étude :

Il y a, dans les terrains granitiques de l'île d'Elbe, des phénomènes d'écrasement tout aussi intenses et tout aussi évidents que les phénomènes du même genre signalés en Corse. Mais cet écrasement n'apparaît que dans la région orientale de l'île. Le granite écrasé, le gneiss écrasé, le microgranite écrasé forment, tantôt à eux seuls, tantôt avec un puissant système de micaschistes posé sur eux, l'étage désigné par le symbole pr^1 sur la Carte géologique et décrit par M. Lotti comme *gneiss présiluriens*.

Cet étage, appelé *présilurien* parce qu'on le voit, sur plusieurs points, s'enfoncer sous une série sédimentaire dans laquelle il y a des schistes siluriens fossilifères, ne montre nulle part son propre substratum. Il constitue, au sud-est de l'île, la presqu'île de la Calamita dont le point culminant est à 413^m au-dessus de la mer. C'est lui encore qui forme la côte, entre la

(1) G. Steinmann, *Alpen und Apennin* (*Monatsberichte der deutschen geol. Gesellsch.*, 1907, p. 177). — P. Termier, *Bulletin de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. VII, p. 421.

(2) B. Lotti, *Descrizione geologica dell' isola d'Elba* (*Memorie descrittive della Carta geolog. d'Italia*, Rome, 1886). La Carte porte la date de 1884.

plage de Mola et le Porticciolo près de Rio Marina; et ses strates, presque horizontales ou plongeant faiblement à l'Ouest, s'accumulent, dans les falaises, sur plus de 100m de hauteur.

Aux environs de Porto Longone, les roches sont écrasées au maximum et offrent les plus beaux types de *mylonite* granitique.

Là, le granite domine, parcouru d'ailleurs en tout sens par des veines d'aplite à tourmaline. La roche écrasée est devenue tout à fait informe. Le mica noir a disparu. Dans une sorte de pâte vert sombre, ou vert sale, où abonde la chlorite, des débris de feldspath et de quartz apparaissent çà et là, isolés ou groupés, semés capricieusement, la plupart anguleux, quelques-uns arrondis, quelques-uns entraînés dans des files d'allure indécise, ou même dans des sortes de tourbillons. Quand les débris sont un peu gros, ils se montrent constitués par du granite presque intact, et ces témoins de granite presque intact, enveloppés dans les produits de l'écrasement du même granite, ont toute grosseur et toute forme. En les suivant attentivement, on voit beaucoup d'entre eux se fondre, sur une partie de leur périphérie, dans la *purée* ambiante. L'aplite a résisté à l'écrasement mieux que le granite; mais les veines de cette roche plus résistante ont été disloquées, tordues, tronçonnées, éparpillées, et leurs lambeaux, curieusement déchiquetés, ressortent en blanc sur le fond noirâtre, ou verdâtre, ou rouillé, de la mylonite. De distance en distance, l'écrasement s'atténue; et l'on est alors en présence de l'un de ces îlots granitiques soigneusement délimités par M. Lotti et considérés par lui comme des amas inclus dans les gneiss. Dans toute cette région de Porto Longone, les vrais gneiss sont rares; on constate seulement une apparence générale de stratification dans la mylonite, apparence qui est due au laminage. Tous ces faits s'observent admirablement, sur la route entre Mola et Porto Longone, ou dans les falaises à l'est de ce dernier village. Il y a plusieurs carrières où l'on a exploité, pour moellons ou pour matériaux d'empierrement, la roche écrasée, et qui en rendent l'étude très facile.

En face de Porto Longone, sur la côte de Focardo et sur les pentes rocheuses qui s'élèvent vers Poggio Delfino, le granite est remplacé par des gneiss, sillonnés, eux aussi, de veines d'aplite à tourmaline. La plupart du temps, ces gneiss sont très laminés, mais, presque toujours, l'écrasement y est moins intense, moins complet que dans le granite. Le laminage se traduit par l'apparition de *joints de friction,* onduleux et contournés, grossièrement parallèles au zonage du gneiss, et par la torsion, la dislocation et l'éparpillement des veines d'aplite. Quand la roche s'est écrasée, le mica a disparu et l'on a une mylonite analogue à la mylonite granitique, mais qui a gardé généralement une structure zonée et un aspect gneissique. La stratification générale de ces gneiss est presque horizontale, avec une allure assez compliquée dans le détail. On les traverse sur 200m au moins d'épaisseur quand on monte de Calanuova à Poggio Delfino. Plus on monte, et

plus les veines d'aplite se raréfient. Au sommet de la montagne, les micaschistes apparaissent, régulièrement superposés aux gneiss. Ce sont des micaschistes fissiles, à mica blanc et à grosses lentilles de quartz. Le laminage n'y est plus guère visible, et je n'y ai pas observé d'écrasements. De Poggio Delfino à Capoliveri, par le Monte Calamita, on reste constamment dans ces micaschistes et ils ne doivent pas avoir moins de 500^m d'épaisseur.

Dans la Valdana, les micaschistes en question n'apparaissent point. L'étage pr^1 est formé, dans sa partie basse, de gneiss laminés et partiellement écrasés, et, au-dessus de ces gneiss, *de microgranite écrasé et laminé*.

Cette roche, de couleur très claire, constitue la chaîne de collines sur la rive droite du ruisseau de Valdana, depuis le point 20 de la Carte jusqu'à la plage du Lido : on l'exploite dans une petite carrière près du point 20; et c'est elle encore qu'on traverse, sous l'Éocène, quand on monte du Lido à Capoliveri.

La *mylonite microgranitique* est faite aux dépens du microgranite bien connu de l'île d'Elbe (*porphyre* ou *eurite* de M. Lotti, *p* ou E*u* de la Carte géologique). Ce microgranite est mélangé de toutes les façons imaginables, *par intrusion,* avec les sédiments éocènes (étage de l'*Alberese* et du *Macigno,* e^6 de M. Lotti), et je n'ai rien à ajouter, quant à cette intrusion, aux observations si complètes et si convaincantes de M. Lotti. J'insiste seulement sur ce fait que, dans la Valdana, le microgranite est écrasé et laminé, et qu'alors, devenu méconnaissable, il a été réuni aux prétendus gneiss présiluriens.

L'apparence de cette mylonite microgranitique est celle d'une leptynite blanche, ou d'un gneiss à rares zones de mica blanc, sans mica noir. Mais, *sur la tranche,* la structure du microgranite apparaît, souvent tout à fait évidente. Les grains de quartz bipyramidé, à peine déformés, mais entraînés dans le laminage, semblent des sortes de noyaux ou d'amandes dans la pâte schisteuse, qui est elle-même faite des débris des gros feldspaths et de la pulvérisation de l'ancienne pâte du porphyre.

C'est encore, m'a-t-il semblé, à l'écrasement et au laminage du microgranite qu'il faut attribuer les *gneiss* de la plage d'Ortano et du haut promontoire (171^m au-dessus de la mer) compris entre cette plage et le Porticciolo, près de Rio Marina. Ce sont des roches blanches ou grises, d'aspect leptynitique, montrant des clivages garnis de mica blanc et une tranche zonée, glanduleuse, à amandes de quartz et de feldspath. Mais l'identité originelle avec le microgranite est ici moins évidente que dans la Valdana ; et il se pourrait que l'on eût affaire, soit au produit du laminage d'un granite à mica blanc, pauvre en mica noir, d'un type spécial, inconnu

jusqu'à présent à l'état intact dans cette région de l'île d'Elbe, soit à de vrais gneiss.

L'étage de mylonites que je viens de décrire (étage pr^1 de M. Lotti) s'enfonce, *indifféremment*, sous des *Schistes lustrés* (calcschistes micacés et cipolins), sous des dolomies et des cargneules (Trias très probable), sous de l'Éocène à intrusions porphyriques, sous de l'Éocène à roches vertes, sous du Silurien recouvert lui-même de Verrucano, d'Infralias, de Lias et d'Éocène. Il est le substratum général de tous les terrains de l'île, et, encore une fois, son substratum, à lui-même, est inconnu.

Dans les lambeaux intacts de granite qui y apparaissent, on reconnaît aisément le *granite classique de l'île d'Elbe*, riche en mica noir, qui constitue, à l'ouest de l'île, le grand massif du Monte Capanne. Nul doute que, pardessous les terrains sédimentaires du centre de l'île d'Elbe, le granite du Monte Capanne ne se relie à l'étage des mylonites. Mais il n'y a pas trace d'écrasement, ni de laminage, dans la région du Monte Capanne; et le contraste est singulier entre l'apparente stabilité de ce massif granitique et l'extraordinaire abondance des *symptômes de charriage* qui caractérise la région orientale.

Parmi ces symptômes, les mylonites ont une très grande valeur. Il faut citer encore, comme très convaincante, l'existence des *brèches de friction*, déjà signalées sur divers points par M. Lotti, et qui ne sont nulle part plus belles qu'à la plage des Ghiaje, tout à côté de Portoferraio (1). Il y a là un contact de microgranite et de roches vertes où s'intercalent deux bancs de brèche, épais chacun de 2^m à 3^m : une brèche à débris de roches vertes, et une autre à débris de microgranite et de sédiments éocènes. Je montrerai que ce contact n'est autre chose qu'une *surface de charriage*, particulièrement importante dans la tectonique elbaine.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce la mort de M. *Theodor-Wilhelm Engelmann*, Correspondant de l'Académie pour la Section de Médecine et de Chirurgie, décédé à Berlin le 20 mai 1909.

---

(1) B. Lotti, *loc. cit.*, p. 155 et *fig.* 34.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le Tome II du *Traité analytique des orbites absolues des huit planètes principales*, par Hugo Gyldèn.

2° Le Tome XI, fascicule II, de la nouvelle série des *Annales astronomiques de l'Observatoire royal de Belgique*. Travaux publiés par les soins de G. Lecointe, Directeur scientifique du Service astronomique.

3° Les fascicules 8 et 11 des *Veröffentlichungen der königlichen Sternwarte zu Bonn*, par MM. C. Mönnichmeyer et Dr Walther Zurhellen.

4° *Le Pluralisme*, essai sur la discontinuité et l'hétérogénéité des phénomènes, par J.-H. Boex-Borel (J.-H. Rosny aîné). (Présenté par M. P. Appell.)

5° Trois Volumes relatifs aux *Études et travaux* du Service d'études des grandes forces hydrauliques (Région des Alpes), publiés par le Ministère de l'Agriculture. (Présenté par M. Michel Lévy.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonction potentielle et fonction analytique ayant un domaine d'existence donné à un nombre quelconque (fini ou infini) de feuillets*. Note de M. **Paul Kœbe**, présentée par M. E. Picard.

1. Étant donnée une fonction analytique quelconque $y(x)$, on sait qu'il lui correspond une surface de Riemann bien déterminée; la fonction $y(x)$ peut être considérée comme uniforme sur la surface qui, par l'ensemble de ses points (points limites exclus), constitue exactement son domaine d'existence, tant que la fonction se comporte comme une fonction algébrique. La question de savoir si l'on peut toujours considérer une surface de Riemann quelconque comme la surface de Riemann d'une fonction analytique n'a été jusqu'ici résolue que pour un domaine à *un* feuillet ([1]), exception faite du cas d'une surface fermée à un nombre fini de feuillets (surface de Riemann d'une fonction algébrique).

Soit maintenant sur le plan des x une surface de Riemann quelconque F à un nombre fini ou infini de feuillets; la totalité de ses points (points limites exclus) sera définie d'une manière précise; F pourra aussi avoir des

([1]) C. Runge, *Zur Theorie der eindeutigen analytischen Funktionen* (*Acta mathematica*, t. VI, p. 229 et suiv.).

points de ramification d'ordre fini ([1]) dont l'ensemble doit cependant être un ensemble dénombrable qui n'admet comme points d'accumulation, s'il en existe, que des points limites de F. La surface F peut être définie comme la limite

$$F = \lim_{n=\infty} F_n$$

de surfaces F_1, F_2, ..., F_n ayant toutes un nombre fini de feuillets et une frontière bien déterminée; chaque domaine F_n ne possède qu'un nombre fini de points de ramification.

Soit $O(x = x_0)$ un point du domaine F_1; soit U_n la fonction potentielle définie sur F_n, uniforme et partout régulière sauf au point O, aux environs duquel elle peut être mise sous la forme

$$U_n = R\left(\frac{1}{x - x_0}\right) + ((o)) \qquad (R = \text{partie réelle}),$$

et dont la dérivée normale est nulle tout le long de la frontière; ((o)) désigne une fonction potentielle régulière et nulle en O. Par une application convenable de la méthode alternée de M. Schwarz, on peut démontrer que la valeur absolue de la fonction U_n sur le contour a un maximum inférieur à une quantité finie indépendante de n. De là résulte, grâce à un principe général ([2]) de convergence pour les fonctions analytiques qui s'étend immédiatement aux fonctions potentielles, qu'on peut choisir dans la suite des fonctions U_1, U_2, ... une suite U_{h_1}, U_{h_2}, ... qui converge uniformément vers une limite U. Cette fonction U représente la distribution électrique à l'état d'équilibre sur la surface F, si l'on suppose en O deux électrodes infiniment voisines. Au lieu de la discontinuité unique O, on peut aussi se donner deux points O_1 et O_2 quelconques avec des discontinuités logarithmiques. L'existence d'une fonction limite se démontre pour ce cas d'une façon analogue.

On peut aussi remplacer les fonctions U_n par des fonctions $\overline{U_n}$ qui correspondent à des surfaces $\overline{F_n}$ fermées obtenues en prolongeant les surfaces F_n d'une manière arbitraire au delà de leurs frontières ([3]), et l'on définit ainsi une fonction $\overline{U}$.

([1]) Les points de ramification d'ordre infini sont considérés comme points limites.

([2]) J'ai indiqué ce principe dans une Note, *Ueber die Uniformisierung beliebiger analytischer Kurven*, dritte Mitteilung (*Gött. Nachrichten*, 1908). — Voir aussi ma Note *Sur un principe général d'uniformisation* (*Comptes rendus*, 29 mars 1909).

([3]) *Cf.* mon article, *Ueber conforme Abbildung*... (*Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 1906, particulièrement page 151).

2. Nous choisissons maintenant sur F une infinité de points $O^{(1)}$, $O^{(2)}$, ..., qui ne s'accumulent en aucun point de F, mais qui ont tout point limite de F, s'il en existe, pour point d'accumulation. Un tel choix ne présente aucune difficulté essentielle. Nous formons pour ces points $O^{(1)}$, $O^{(2)}$, ... les fonctions $U^{(1)}$, $U^{(2)}$, ... de la même manière que nous avons construit la fonction U pour le point O. Alors, il est très facile de déterminer une suite de constantes réelles c_1, c_2, ..., de sorte que la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} c_n U^{(n)}$$

converge partout uniformément sur F vers une fonction potentielle limite u.

Le domaine d'existence total de la fonction u (au sens du prolongement analytique) est précisément, à cause de la distribution des discontinuités, la surface F. Donc, si nous désignons par v le potentiel conjugué de u, l'expression

$$\frac{du + i\,dv}{dx}$$

représente une fonction analytique uniforme sur F qui possède partout le caractère d'une fonction algébrique et ne peut être prolongée au delà d'un point limite de cette surface, s'il en existe.

3. Si l'on voulait seulement construire une fonction analytique uniforme sur F ayant partout sur cette surface le caractère d'une fonction algébrique, il suffirait de prendre une variable uniformisante t linéairement polymorphe adjointe à la surface F et de former un quotient de séries $\Theta(t)$ de M. Poincaré.

Remarquons encore que, si la surface F est de telle sorte qu'il est possible de la transformer univoquement et d'une manière continue en une surface à un feuillet (d'une connexion d'ordre en général infinie), la fonction $U + iV$ transforme cette surface univoquement et uniformément en une aire à un feuillet. On comparera avec *notre principe général de transformation conforme*, énoncé dans les *Comptes rendus* (*loc. cit.*), pour lequel nous avons signalé une méthode nouvelle de démonstration.

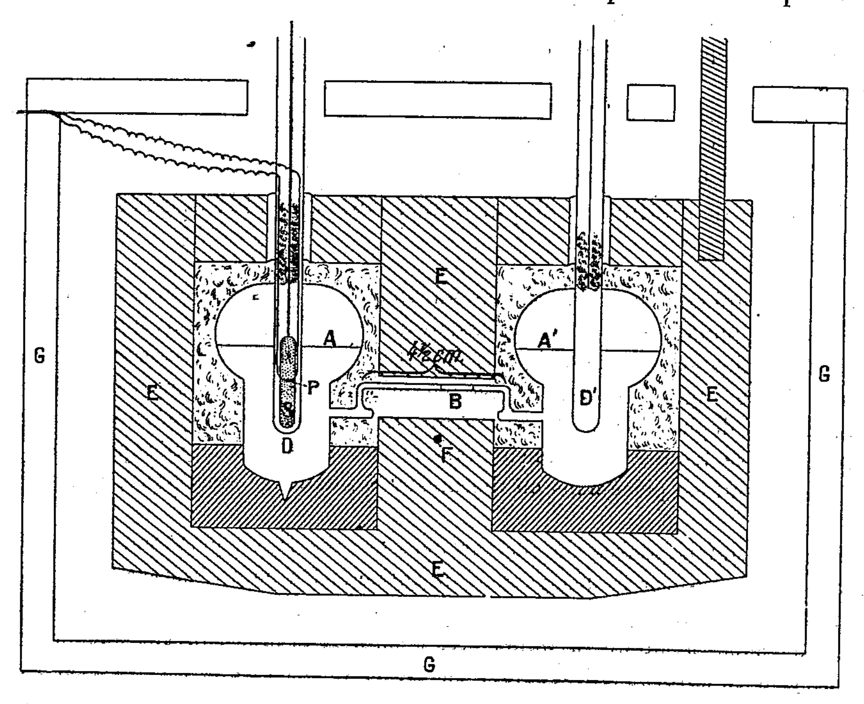
RADIOACTIVITÉ. — *Le dégagement de chaleur des corps radioactifs.* Note de M. **William Duane**, présentée par M. Lippmann.

Dès la découverte de la radioactivité, la question de la transformation d'énergie a été discutée comme une des plus importantes. On sait que P. Curie et Laborde ont découvert le dégagement de chaleur par le radium,

et, depuis cette découverte capitale, Rutherford et Barnes ont trouvé que les premiers produits de transformations du radium dégagent également de la chaleur.

J'ai cherché si les autres substances radioactives dégagent de la chaleur, et j'ai utilisé dans ce but une nouvelle méthode d'une grande sensibilité. Avec l'appareil décrit ci-dessous, on peut mettre en évidence avec certitude la production de $\frac{1}{1000}$ de gramme-calorie à l'heure, et l'expérience ne dure que quelques minutes.

La méthode est basée sur l'augmentation rapide de la tension de vapeur d'un liquide très volatil, quand la température monte. A et A′ sur la figure représentent deux récipients de verre réunis par le tube capillaire B.



La moitié du volume des récipients est remplie du liquide volatil (dans ce cas, de l'éther sulfurique). Presque tout l'air a été retiré des récipients en faisant le vide à l'aide d'une trompe à eau, et le tube C a été scellé à la flamme. Avec un peu d'habitude, on peut placer une petite bulle d'air d'une longueur déterminée dans le tube B, et l'on observe le déplacement de cette bulle, soit avec une lunette, soit avec une lentille et une échelle. J'ai employé la dernière méthode, et le déplacement de l'image sur l'échelle était à peu près huit fois celui de la bulle.

Si l'on introduit dans le tube D une substance S qui dégage de la chaleur, il est évident que la tension de vapeur dans A augmentera et le liquide poussera la petite bulle vers le récipient A'. Le déplacement de la bulle dû à une petite quantité de chaleur est énorme, et cette sensibilité extrême est due à trois causes :

1° La tension de vapeur d'une substance comme l'éther augmente rapidement avec la température ;

2° S'il y a très peu d'air à l'intérieur des récipients, le déplacement du liquide ne change pas les tensions dans A et A', et l'augmentation de tension en A n'est équilibrée que par la différence de niveau du liquide dans les récipients ;

3° Le déplacement de la bulle d'air dans le tube capillaire est beaucoup plus grand que le changement de niveau du liquide dans les récipients.

En outre, le déplacement de l'image de la bulle est amplifié par la lentille (ou la lunette).

Évidemment, il est nécessaire de bien protéger un instrument d'une telle sensibilité contre des courants de chaleur venant de l'extérieur. J'ai essayé plusieurs méthodes, et j'ai choisi celle qui suit comme étant la plus efficace :

Les deux récipients sont placés dans un bloc E de plomb (pesant 25^{kg}). Entre les récipients et le plomb se trouvent, en bas, de la paraffine et, en haut, de la ouate. Deux tiges F (normales au plan de la figure) supportent le plomb à l'intérieur d'une boîte en laiton G. Les tiges F servent d'axes par lesquels on peut changer l'inclinaison du plomb, et ainsi déplacer la petite bulle d'air. La boîte G est complètement enveloppée de ouate, qui se trouve dans une deuxième boîte en zinc (non représentée sur la figure), et le tout est placé dans un thermostat à chauffage électrique, qui a été déjà décrit (1).

En introduisant la source de chaleur dans le tube D, on peut employer plusieurs méthodes pour mesurer le dégagement de chaleur. On peut observer le déplacement maximum de la bulle quand l'appareil est en équilibre thermique, ou mesurer la vitesse de déplacement de la bulle, etc. J'emploie le plus souvent une méthode de compensation en absorbant la chaleur en même temps qu'elle est dégagée. Peltier a découvert qu'un courant électrique, en passant d'un métal à un autre, dégage ou absorbe de la chaleur suivant le sens du courant. Le tube D renferme un couple P de fer-nickel, et je cherche l'intensité du courant électrique qui absorbe la chaleur produite à chaque instant. L'étalonnage du couple au moyen d'un deuxième courant électrique passant dans un deuxième circuit introduit dans le tube D a montré : 1° que l'absorption de chaleur par seconde est proportionnelle au courant si l'intensité du courant ne dépasse pas 0,06 ampère; 2° que 8,2 grammes-calories sont absorbés par heure et par ampère.

---

(1) Duane et Lory, *American Journal of Science* (4), t. IX, 1900, p. 179.

Pour essayer l'appareil, j'ai mesuré la chaleur dégagée par un sel contenant $0^{mg},80$ de chlorure de radium, et j'ai trouvé un dégagement de $0^{cal},073$ à l'heure. Ce nombre donne pour la chaleur dégagée, par gramme de radium, à l'heure, 120^{cal}, valeur qui n'est pas éloignée de celles récemment trouvées (110^{cal}, 117^{cal} et 118^{cal}).

J'ai étudié le dégagement de chaleur par le radiothorium, phénomène qui n'a pas encore été mis en évidence ([1]). Mme Curie m'a obligeamment prêté un sel contenant une quantité assez grande de radio-thorium. Quand ce sel était introduit dans le tube D un courant de 0,0031 ampère était nécessaire pour compenser le dégagement de chaleur; ceci correspond à une production de $0^{cal},025$ par heure. Le sel de radio-thorium avait une activité à peu près 8100 fois celle de l'uranium, et si nous supposons que l'uranium est 5000000 de fois plus actif que le radium à l'état d'équilibre, nous trouvons comme poids de radium donnant le même courant d'ionisation que le radio-thorium, $0^{mg},324$, une quantité qui donnerait une production de $0^{cal},039$ par heure. Il en résulte que le radio-thorium dégage une quantité de chaleur qui est du même ordre que celle dégagée par le radium.

J'ai constaté également un dégagement de chaleur dans un sel contenant du polonium exempt de radium et de radio-thorium.

J'ai imaginé cette méthode de mesure pour étudier les dégagements de chaleur des corps radioactifs, mais elle peut servir pour mesurer la chaleur dégagée dans d'autres phénomènes physiques, chimiques ou biologiques.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le radium et l'uranium contenus dans les minéraux radioactifs*. Note de Mlle **Ellen Gleditsch**, présentée par M. Lippmann.

Il est généralement admis qu'il existe dans les minéraux radioactifs un rapport constant entre l'uranium et le radium.

Des recherches de nature différente ont concouru à ce résultat. M. Mc. Coy ([2]) a déterminé l'intensité des rayons α et M. Eve ([3]) l'intensité des rayons γ émis par des minéraux dans lesquels l'uranium avait été préalablement dosé. En tenant compte des

---

([1]) Pegram et Webbe ont trouvé un dégagement de chaleur dans une grande masse d'oxyde de thorium qui, d'après ce qu'ils disent, ne contenait pas de radio-thorium.

([2]) Mc. Coy, *Ber. d. d. chem. Ges.*, t. XXXVII, 1904, p. 2641.

([3]) A.-S. Eve, *Am. Journ. Science* (*Silliman*), t. XXII, p. 4 et 477.

propriétés des rayons émis par le radium et ses produits de destruction, ils ont conclu que le rapport entre l'uranium et le radium était constant. D'autre part, M. Strutt [1] et M. Boltwood [2] ont déterminé la quantité de radium contenue dans les minéraux en mesurant la quantité d'émanation dégagée. L'étude la plus approfondie est celle de M. Boltwood. Il a dosé l'uranium dans un grand nombre de minéraux; ensuite, il a attaqué une petite quantité de minéral par des acides; l'émanation qui s'est dégagée pendant cette attaque a été introduite dans un condensateur, où l'ionisation qu'elle provoque a pu être mesurée après 2 ou 3 heures. Enfin en comparant ce pouvoir d'ionisation avec celui produit par l'émanation dégagée d'une solution titrée de radium pur, MM. Rutherford et Boltwood [3] ont pu donner en valeur absolue la quantité de radium en équilibre avec 1g d'uranium dans les minéraux radioactifs. Ce nombre est 3.4×10^{-7} [4].

La concordance des résultats obtenus pour des minéraux très différents au point de vue de la provenance et de la composition, et aussi la confirmation par les travaux déjà cités de MM. Strutt, Eve et Mc. Coy ont donné une très grande confiance dans les résultats de M. Boltwood, bien qu'on puisse faire des objections contre la méthode employée. Ainsi M. Boltwood a dû faire une correction pour le dégagement de l'émanation perdue par les minéraux avant leur dissolution, une correction qui est quelquefois assez grande [5]. Ensuite on se demande si toute l'émanation contenue dans un minéral peut être mise en liberté au moment de la dissolution. On pourrait penser, par exemple, que, dans un minéral qui contient des sulfures, il se formerait par l'attaque de l'acide azotique des sulfates de baryum et de plomb, qui précipiteraient le sulfate de radium et causeraient ainsi une perte d'émanation. Cette objection a été faite aussi par M. Boltwood lui-même [6].

La question sur le rapport entre l'uranium et le radium dans les minéraux étant d'une importance très grande, j'ai entrepris quelques recherches sur ce sujet.

J'ai déterminé la teneur en radium par une autre méthode, qui diffère des précédentes par le fait qu'elle permet de séparer le radium du minéral et de le doser à part. Elle consiste à mettre en dissolution une quantité relativement grande du minéral de 40g à 100g, y ajouter un peu de chlorure de baryum et précipiter à l'aide de l'acide sulfurique. On transforme les sulfates obtenus de baryum et de radium, éventuellement de plomb en les faisant bouillir avec un mélange de carbonate de soude et de soude, ce qui

---

(1) Strutt, *Proc. Royal Soc.*, A, t. LXXVI, 1905, p. 88.

(2) Boltwood, *Am. Journ. Science*, t. XVIII, n° 104; *Phil. Mag.*, avril 1905.

(3) Rutherford and Boltwood, *Am. Journ. Science*, t. XX, juillet 1905; t. XXII, juillet 1906.

(4) Boltwood, *Am. Journ. Science*, t. XXV, avril 1908.

(5) Boltwood, *Phil. Mag.*, avril 1905.

(6) *Am. Journ. Science*, t. XVIII, n° 104.

enlève une grande partie du plomb, et qui facilite de beaucoup la filtration; les carbonates sont ensuite dissous dans l'acide chlorhydrique étendu. Dans cette solution, le radium a été dosé par l'émanation dégagée d'après la méthode employée actuellement au laboratoire de Mme Curie.

Les minéraux ont été dissous dans des acides différents; lorsqu'ils ont laissé des résidus, j'ai traité ceux-ci à part, jusqu'à ce que je sois arrivée à avoir tout en solution ou éventuellement un résidu inactif. Dans les solutions j'ai ajouté à plusieurs reprises du chlorure de baryum, et ensuite j'ai précipité les sulfates, jusqu'à ce que les précipités ne soient plus actifs ou ne contiennent qu'une quantité de radium tout à fait négligeable.

En prenant les précautions convenables pour chaque minéral et en travaillant avec soin, on arrive le plus souvent à avoir à peu près tout le radium dans le premier précipité. Pour chaque minéral plusieurs analyses ont été faites, lesquelles ont fourni des résultats bien concordants entre eux.

Après l'élimination du radium, l'uranium a été dosé dans les solutions d'après des méthodes convenables pour les différents minéraux.

En calculant ensuite le rapport radium-uranium, j'ai trouvé qu'il n'est pas constant pour les minéraux jusqu'ici analysés : une autunite de France, une pechblende de Joachimsthal et une thorianite de Ceylan. Sans donner ici le détail des nombres obtenus pour les différents minéraux, je me borne à dire maintenant que j'ai trouvé pour la pechblende un nombre assez concordant avec celui indiqué par M. Boltwood, tandis que l'autunite donne un nombre plus petit, la thorianite un plus grand, la quantité de radium associée à 1g d'uranium étant par conséquent plus petite dans l'autunite, plus grande dans la thorianite.

Pour l'autunite on peut objecter que c'est un minéral secondaire, formé peut-être d'un minéral actif primaire par différentes attaques géologiques. On peut se rappeler qu'il a été démontré que certaines pyromorphites ne contenant pas d'uranium contiennent des quantités notables de radium (1), fait qu'on a expliqué par une séparation chimique causée par l'eau. Il semble plus difficile de donner des explications pour la différence entre la pechblende et la thorianite.

Je suis en train d'examiner de plus près la méthode employée, pour me rendre compte s'il y a là des raisons qui puissent expliquer la différence entre les résultats de M. Boltwood et les miens. En même temps j'ai étendu mes recherches aussi à d'autres minéraux.

---

(1) J. DANNE, *Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 241.

PHYSIQUE. — *Sur la composition de l'air atmosphérique.* Note [1] de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une précédente Note [2] j'ai décrit un dispositif simple qui, adapté à mes appareils de séparation d'oxygène et d'azote, permet d'obtenir, en fabrication courante et à titre de véritables sous-produits, les gaz les moins condensables de l'air.

J'ai vérifié par une étude prolongée les conditions de fonctionnement de ce dispositif; j'ai pu constater que le processus de condensation progressive avec retour en arrière sur lequel il est basé fonctionne assez exactement pour permettre de fixer la proportion de ces gaz dans l'atmosphère bien plus sûrement qu'on n'a pu le faire encore.

Néon, hélium. — J'ai adapté le dispositif en question à plusieurs appareils à oxygène de 50^{m^3} à l'heure en faisant varier le nombre de spires du serpentin S, leur diamètre, leur pente; au lieu de diriger vers S le résidu gazeux par un seul tube *t* du faisceau F_2, j'y ai consacré de véritables petits faisceaux secondaires de trois tubes dans un cas, neuf dans un autre, de manière à diminuer la vitesse ascensionnelle des gaz, d'avoir ainsi un retour en arrière plus efficace et d'envoyer en S des résidus mieux épuisés. Enfin, l'air à traiter était fourni dans certains cas par notre installation propre de Boulogne, dans d'autres cas par l'usine de la Compagnie des Omnibus, à Billancourt, reliée à notre usine par la canalisation des tramways. Le résidu gazeux, extrait par R_1 à une allure variant de 12^l à 30^l par heure, était débarrassé par Mg de son azote, par CuO de son hydrogène, puis desséché par son passage dans un tube en U plongé dans l'air liquide. Dans tous les cas valables le mélange Ne + He ainsi obtenu présentait une densité *très peu variable*, soit 0,53 à 0,57 de celle de l'air.

Une telle constance en dépit de conditions si diverses semble impliquer à la fois : 1° que le rapport du néon à l'hélium de l'air est à peu près invariable; 2° que l'appareil fournit réellement la totalité de ces gaz présents dans l'air traité.

De la densité moyenne 0,55 du mélange Ne + He, on déduit la proportion relative du néon à l'hélium atmosphérique, soit $\frac{412}{143}$.

Il y a donc à très peu près *trois fois plus de néon que d'hélium*.

D'autre part, si l'on mesure le débit de ce mélange Ne + He, on trouve

---

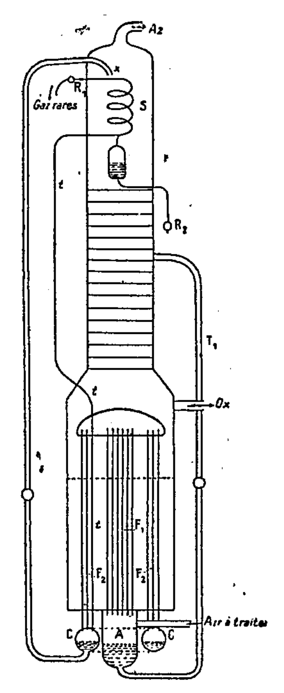
[1] Présentée dans la séance du 17 mai 1909.

[2] *Comptes rendus*, 12 octobre 1908.

également un chiffre variant fort peu : $6^l,6$ à $7^l,9$ à l'heure, soit en moyenne $7^l,25$.

La quantité d'air traitée dans ces essais était assez exactement de 360000^l à l'heure. Il y aurait donc dans l'air $\frac{7,25}{360000} \times \frac{1}{4}$, soit à très peu près $\frac{1}{200000}$ d'hélium et $\frac{7,25}{360000} \times \frac{3}{4}$ soit $\frac{3}{200000}$ de néon.

Hydrogène. — L'hydrogène est également décelé dans les gaz recueillis, mais on va voir que sa teneur normale dans l'atmosphère doit cependant être faible.



Dès mes premiers essais j'ai constaté que la densité des gaz recueillis par R_1 variait perpétuellement, passant d'une heure à l'autre, à débit constant, de 0,60 à 0,80 par exemple. Je n'ai pas tardé à trouver que ces variations étaient essentiellement dues à des fluctuations dans la teneur en hydrogène : certains jours, le résidu était si riche en hydrogène qu'il était combustible; le plus souvent il n'en contenait que 4 à 5 pour 100.

D'ailleurs, après passage sur CuO et absorption de H^2O dans l'air liquide, la densité des gaz recueillis était infiniment plus constante.

J'ai pensé que le voisinage de Paris pouvait expliquer ces variations; mais j'ai trouvé ensuite que la direction du vent était sans influence et j'ai dû

abandonner l'explication. Un jour, j'ai constaté que la teneur des résidus en hydrogène était très faible et très constante, soit moins de 1 pour 100. Or, ce jour-là, le compresseur de Boulogne était en panne et l'air traité venait de l'usine de Billancourt. Grâce à cette circonstance, le problème s'éclairait : l'hydrogène n'existerait dans l'air normal qu'en proportion très faible et sa présence dans l'air fourni par notre compresseur serait accidentelle. J'ai pu, en effet, relever quelques légers défauts d'étanchéité de la conduite qui amène au compresseur l'air du dehors; une très petite partie de l'air traité provient donc de la salle même du compresseur, où le voisinage des gazogènes qui alimentent le moteur à gaz explique aisément la présence de petites et très variables quantités d'hydrogène.

J'ai cru devoir entrer dans ces détails, qui montrent bien l'extraordinaire sensibilité de la méthode, puisque l'introduction dans l'air traité de quantités certainement infimes d'hydrogène provoque dans les mesures un bouleversement général, faisant passer par exemple de 20^{mg} à 400^{mg} la quantité d'eau recueillie dans l'air liquide par le passage du résidu gazeux sur CuO pendant 10 minutes.

Un contrôle direct de l'exactitude de la méthode, d'ailleurs, a été effectué, consistant à ajouter à l'air traité une quantité très faible et connue d'hydrogène et à voir si cet hydrogène se retrouverait dans les résidus :

1° Essai fait avec l'air de Billancourt. Eau obtenue en 30 minutes avec le résidu gazeux : 56^{mg}, correspondant à $0^{l},070$ d'hydrogène pour les 180^{m^3} d'air traités, soit $\frac{1}{2500000}$. D'autres expériences m'ont fourni à peine $\frac{1}{5000000}$.

2° Expérience faite avec le même air en ajoutant aux 360000^{l} traités $0^{l},36$ d'hydrogène à l'heure, soit $\frac{1}{1000000}$. Poids d'eau recueillie en 30 minutes, 125^{mg}, correspondant à $0^{l},16$ d'hydrogène au lieu de $0,070 + \frac{0,36}{2} = 0^{l},25$.

On n'a donc pas retrouvé tout l'hydrogène ajouté, mais cette si faible addition de 1 partie d'hydrogène pour 1 million d'air traité a suffi, du moins, à perturber complètement les résultats.

Je pense que j'interpréterai ces résultats avec assez de prudence en estimant que la proportion d'hydrogène dans l'air atmosphérique normal est inférieure à $\frac{1}{1000000}$.

En résumé, 1 million de parties d'air en volume contiendraient 15 de néon, 5 d'hélium et moins de 1 d'hydrogène.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les conditions de charge électrique des particules en suspension dans les gaz; charge des fumées chimiques.* Note de MM. DE BROGLIE et BRIZARD, présentée par M. Bouty.

A. Dans un travail récent (1) de l'un de nous sur les particules en suspension dans les gaz, il a été montré, par une méthode basée sur la mesure des mobilités électriques et des mouvements browniens, que, parmi les particules de fumée de tabac, par exemple, les unes (rayon $= 5.10^{-5}$ centimètre) possèdent plusieurs fois la charge atomique et les autres, environ dix fois plus petites, une seule fois cette charge.

On peut montrer directement la fixation de plusieurs charges sur une même particule; il suffit d'exposer, par exemple, des fumées de chlorhydrate d'ammoniaque, électriquement neutres, à l'aigrette d'une machine électrostatique (l'expérience réussit mieux lorsqu'il éclate des étincelles entre les boules de la machine). Les fumées sont examinées à l'ultramicroscope dans un champ électrique; on observe des particules d'un seul signe douées d'une relativement grande mobilité; le champ est alors interrompu et les fumées exposées au rayonnement du radium, puis le champ rétabli, *on remarque que les mobilités sont devenues quatre ou cinq fois moindres et qu'il y a des charges positives et négatives.* Ce fait s'explique immédiatement par l'ionisation intense et des deux signes que crée le radium dans le gaz où se trouvent les particules; le jeu des recombinaisons produit un équilibre qui ramène les charges à leur valeur ordinaire.

B. L'examen ultramicroscopique, dans un champ électrique (2), fournit un moyen rapide et sûr d'étudier la charge des poussières; il présente, sur la méthode des condensateurs cylindriques à courant gazeux, entre autres avantages, ceux *d'éliminer les effets de convection, de n'employer que de très petites quantités de matière et de pouvoir s'appliquer à l'étude des phénomènes chimiques où l'attaque des appareils pouvait mettre ceux-ci hors d'usage ou créer des effets parasites.* Ce procédé permet également de mesurer les mobilités sans faire une série d'observations pendant lesquelles la source d'ionisation doit rester constante.

Nous avons étudié par cette méthode un certain nombre de fumées pro-

---

(1) *Comptes rendus*, 1er semestre 1909, p. 1163 et 1315; dans cette dernière Note les déplacements browniens indiqués se rapportent à un temps $t = 3{,}5$ secondes.

(2) Voir pour cette méthode : M. DE BROGLIE, *Comptes rendus*, 18 mai 1908, p. 1010.

duites dans des circonstances diverses, les résultats généraux sont les suivants :

a. Les fumées produites par action chimique *sans élévation sensible de température* et sans barbotage (¹) *ne sont pas chargées*. De nombreux exemples le confirment : telles sont les fumées produites dans l'air humide par le tri- et le *pentachlorure de phosphore*, le tétrachlorure d'étain, le trichlorure d'arsenic, le pentachlorure d'antimoine, le fluorure de silicium, l'acide chlorhydrique, l'acide azotique fumant, l'acide pyrosulfurique fumant et l'*anhydride sulfurique;* les fumées produites par le gaz ammoniac au contact du chlore, du gaz chlorhydrique, des acides azotique, sulfurique, etc.

Les poussières de soufre distillé dans un courant d'azote appartiennent aussi à cette catégorie; *toutes ces particules jouissent de la propriété générale des centres neutres, signalée par l'un de nous, d'être transformées par les rayonnements ionisants en gros ions des deux signes jusqu'à une proportion d'équilibre.*

b. Sont chargées et des deux signes les fumées produites par des réactions vives, telles que celles qu'on obtient en projetant dans l'eau l'*anhydrique sulfurique*, l'anhydride phosphorique, le *pentachlorure de phosphore*, le sodium, etc.

c. Il en est de même de celles qui sont formées avec incandescence : arsenic et antimoine projetés en poudre dans le chlore, combustion spontanée du phosphure d'hydrogène, poussière distillant pendant la combustion du soufre dans un courant d'air, etc; cette dernière catégorie se ramène du reste au phénomène bien connu de l'ionisation par les flammes.

Rappelons enfin que les cas d'ionisation par phosphorescence du phosphore et du soufre ont été étudiés par MM. E. et L. Bloch (²); ces auteurs ont trouvé une ionisation dans le premier cas et pas dans le second, ils ont également trouvé isolante la flamme bleue de combustion du soufre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude physico-chimique de quelques incompatibilités pharmaceutiques*. Note (³) de M. **E. Caille**, présentée par M. A. Haller.

Dans la pratique pharmaceutique, on dit que deux *corps solides* sont *incompatibles*, si leur mélange effectué à la température ambiante donne une masse de consistance différente de celle qu'on désire obtenir.

(¹) Et sans luminescence, voir ci-dessous note (²).

(²) E. et L. Bloch, *Phosphorescence du phosphore* (*Comptes rendus*, 2e semestre 1908, p. 782) et *Phosphorescence du soufre* (*Comptes rendus*, 1er semestre 1909 p. 842).

(³) Présentée dans la séance du 3 mai 1909.

Les phénomènes d'incompatibilité s'observent souvent dans la préparation des poudres; le mélange devient liquide ou pâteux au lieu de conserver l'état solide.

L'application de méthodes physico-chimiques à l'étude d'un certain nombre de mélanges incompatibles nous a permis de déterminer la nature des produits liquides ou pâteux qu'ils donnent à la température ambiante.

Pour chaque incompatibilité étudiée, on a tracé la courbe de solidification commençante. Les points de cette courbe ont été déterminés en opérant toujours sur 20g du mélange préalablement fondu dans un large tube à essais. Le mélange était agité constamment pendant le refroidissement et la température de solidification commençante observée sur un thermomètre au dixième de degré.

Les mélanges étudiés jusqu'ici sont les suivants :

Salol-camphre droit;
Salol-camphre β monobromé;
Naphtol α-camphre droit;
Naphtol β-camphre droit;
Résorcine-camphre droit.

Pour le système *salol-camphre droit*, les déterminations effectuées se traduisent par la courbe ci-après; elle présente un minimum dont les coordonnées sont :

Teneur en camphre	44 pour 100
Température de fusion	6°

Ce minimum correspond à un mélange eutectique liquide aux températures supérieures à 6°. C'est ce mélange que M. Léger (1) avait pris pour un composé défini.

Les trois systèmes suivants fournissent des courbes analogues qui présentent chacun un seul point d'eutexie dont les coordonnées, variant avec le système considéré, sont les suivantes :

Salol (p. de f. 42°) *et camphre* β *monobromé* (p. de f. 79°).

Teneur en camphre monobromé	36 pour 100
Température de fusion	+21°

Naphtol α (p. de f. 96°) *et camphre droit* (p. de f. 175°).

Teneur en camphre droit	64 pour 100
Température de fusion	—15°

(1) *Comptes rendus*, t. CXI, 1890, p. 109.

Naphtol β (p. de f. 122°) *et camphre droit* (p. de f. 175°):

Teneur en camphre droit	66 pour 100
Température de fusion	+13°

Le mélange eutectique formé par les deux premiers constituants (salol et camphre β monobromé) n'est liquide qu'en été si la température est supérieure à 21°. Les autres sont liquides à la température habituelle des laboratoires.

L'allure de la courbe de solidification commençante du mélange naphtol β-camphre droit ne révèle pas l'existence du composé défini renfermant 36,2 pour 100 de camphre, auquel M. Léger [1] assigne la formule

$$3\,C^{10}H^{8}O, 5\,C^{10}H^{16}O.$$

Tous les systèmes ne donnent pas une courbe de solidification commençante aussi simple que les précédentes; par exemple les mélanges formés de résorcine et de camphre droit.

Ces mélanges ont déjà été étudiés par M. Léger [1], et il a signalé l'existence de deux composés définis camphre-résorcine : la résorcine monocamphrée à 58,1 pour 100 de camphre (p. de f. 29°) et la résorcine dicamphrée à 73,5 pour 100 (p. de f. vers 0°).

Voici les résultats que nous avons obtenus par la détermination de la courbe de solidification commençante.

Cette courbe présente deux minima :

A.	Teneur en camphre pour 100	56,5
	Température de fusion	25°
B.	Teneur en camphre pour 100	73,5
	Température de fusion	+1°,5

et un maximum

C.	Teneur en camphre pour 100	58
	Température de fusion	28°,5

En général, un maximum dans ces courbes correspond à un composé défini; dans le cas actuel il correspond à la résorcine monocamphrée de M. Léger.

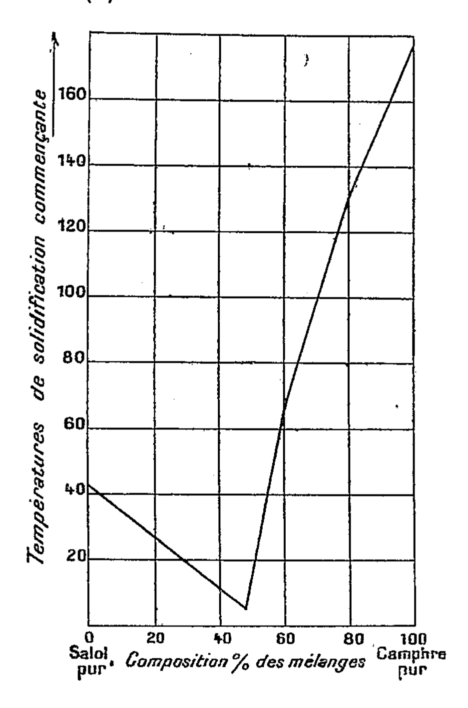
---

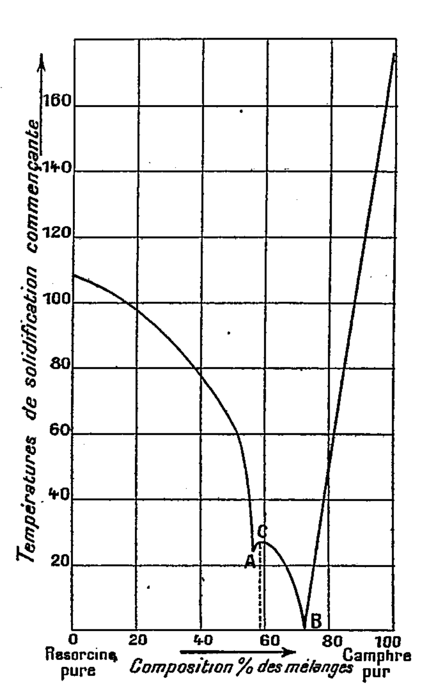
(1) Léger, *Op. cit.*

Les minima indiquent l'existence de deux eutectiques :

a. Résorcine-résorcine monocamphrée;

b. Résorcine monocamphrée-camphre très vraisemblablement. C'est l'eutectique B, considéré à tort par M. Léger comme un composé défini, qui détermine l'incompatibilité (¹).





L'étude de la variation du pouvoir rotatoire avec la composition confirme ces résultats. La courbe figurative présente un seul point anguleux qui correspond à la résorcine monocamphrée.

En résumé, les résultats que nous venons de signaler et dont quelques-uns sont en contradiction avec ceux de M. Léger montrent tout l'intérêt que présente l'emploi des méthodes physico-chimiques dans l'étude des mélanges dits *incompatibles*. Ils montrent aussi, contrairement à l'interprétation courante, que la liquéfaction de ces mélanges incompatibles n'est pas due, en général, à la formation de composés définis, mais dépend de mélanges eutectiques qui, comme tous les eutectiques, fondent à une température inférieure à celles des constituants.

(¹) La détermination de la courbe de solidification finissante que nous nous proposons de faire permettrait de préciser cette interprétation.

CHIMIE. — *Observations sur les oxydes d'uranium*. Note de M. **Oechsner de Coninck**, présentée par M. D. Gernez.

Je me suis proposé de transformer le sulfate uranique en azotate; pour cela, une solution aqueuse étendue de sulfate uranique cristallisé et fraîchement préparé a été traitée par une solution aqueuse concentrée et neutre d'azotate de baryum jusqu'à précipitation totale du sulfate de baryum. Le précipité a été condensé par la chaleur, comme dans les dosages ordinaires; la liqueur a été filtrée sur double filtre, puis immédiatement évaporée au bain-marie à la température de 96°-97°. L'évaporation, poussée presque jusqu'à siccité, a laissé déposer de l'hydrate uranique jaune clair, $UO^3, 2H^2O$, mélangé avec une quantité extrêmement petite du monohydrate jaune orangé UO^3, H^2O.

Les cristaux (ou masses mamelonnées) d'un jaune clair ont été triés, puis desséchés à l'étuve à eau, et enfin abandonnés dans une atmosphère sèche. L'analyse a été faite par la méthode de réduction, c'est-à-dire que j'ai déterminé pondéralement le rapport $\frac{UO^3, 2H^2O}{UO^2}$. En prenant 238,5 pour poids atomique de l'uranium on a, pour ce rapport, la valeur

$$\frac{3225}{2705} = 1,1922.$$

L'expérience m'a fourni les nombres 1,1915 et 1,1917.

J'ai repris ma première expérience en me servant d'un mélange de sulfates uraneux et uranique; j'ai opéré exactement comme avec le sulfate uranique, et le résidu final de l'opération a été un mélange du dihydrate uranique $UO^3, 2H^2O$ et du monohydrate uraneux UO^2, H^2O. Après évaporation presque complète de la liqueur qui avait laissé déposer le mélange des deux oxydes hydratés, j'ai voulu séparer les cristaux (ou masses mamelonnées) du monohydrate uraneux qui est rouge brun, mais je me suis aperçu qu'il s'oxydait peu à peu à l'air et se transformait en une masse d'un jaune orangé. J'ai laissé l'oxydation se parachever, j'ai lavé les cristaux jusqu'à réaction neutre, et j'ai desséché. L'analyse a été faite par la méthode de réduction. Le rapport

$$\frac{UO^3, H^2O}{UO^2} = \frac{3045}{2705} = 1,1257.$$

L'expérience m'a donné les nombres 1,1249 et 1,1252.

Il résulte de cette dernière observation que l'hydrate uraneux peut se présenter sous une modification spontanément oxydable à l'air, et se transforme alors en monohydrate uranique, d'après la réaction très simple

$$UO^2, H^2O + O = UO^3, H^2O.$$

CHIMIE. — *Sur un sous-chlorure de chromyle.* Note de M. P. **Pascal**, présentée par M. D. Gernez.

Au cours d'une étude sur les chlorures d'acides minéraux, j'ai été amené à faire réagir sur le chlorure de chromyle un certain nombre de gaz réducteurs. Entre autres produits, j'ai obtenu un sous-chlorure de chromyle, de formule $(CrO^2)^5 Cl^6$, dont voici les propriétés essentielles :

Préparation. — Le procédé de préparation le plus simple consiste à envoyer un courant de bioxyde d'azote pur et sec dans du chlorure de chromyle refroidi par un bain d'eau. La réaction, qui s'accompagne d'un vif dégagement de chaleur, transforme le liquide initial en une pâte épaisse de petits cristaux.

Séchée dans le vide à 100°, jusqu'à ce qu'elle ne dégage plus de chlorure de chromyle, cette pâte laisse une poudre cristalline qui contient :

	Pour 100.	Au lieu de
Cr	41,5	41,1
Cl	33,4	33,6
O	25,1	25,3
Calculés pour		$(CrO^2)^5Cl^6$

La formation de ce sous-chlorure est accompagnée de la production de chlorure de nitrosyle, et elle peut se formuler :

$$5CrO^2Cl^2 + 4AzO = (CrO^2)^5Cl^6 + 4AzOCl.$$

On aurait pu obtenir le même corps en remplaçant le bioxyde d'azote par l'oxyde de carbone, mais alors la réaction est lente et exige l'action de la lumière solaire; on aurait pu dissoudre le chlorure de chromyle dans un dérivé sulfuré ou chloré du carbone, mais on obtient alors en général des combinaisons cristallines encore à l'étude, formées du sous-chlorure et du dissolvant.

Propriétés. — Le sous-chlorure de chromyle se présente sous forme de petits cristaux marron, brillant d'un éclat gras, et d'une densité égale à 2,51. Dans ce corps, les propriétés magnétiques du chrome apparaissent très nettement, au contraire de ce qui se passe pour le chlorure de chromyle, liquide très faiblement diamagnétique, et dont j'ai trouvé la susceptibilité égale à $-0,35.10^{-7}$ à 20°. Cette réapparition des propriétés magnétiques du métal, qui ne s'explique pas suffisamment par le départ d'une partie du chlore diamagnétique, indique que dans la constitution du radical $(CrO^2)^5$, le chrome ne joue pas le même rôle que dans le radical simple CrO^2.

Les cristaux du sous-chlorure tombent rapidement en déliquescence à l'air humide. Ils se dissolvent facilement dans l'eau en dégageant l'odeur du chlore; la solution, fortement colorée en brun, présente les caractères des sels de chrome, des acides chromique et chlorhydrique.

La chaleur décompose facilement le sous-chlorure, qui, déjà à 100° et dans le vide, perd lentement un peu de chlore. Sous la pression ordinaire, vers 150°, il se dégage du chlorure de chromyle, du chlore, et l'on obtient surtout le composé déjà connu $(CrO^2)^3Cl^2$. Quand la température atteint et dépasse 180°, il y a perte d'oxygène; il reste finalement une poudre d'un noir marron, insoluble dans l'eau, ayant pour formule $Cr^6O^9Cl^4$ (Cr : 52,2 au lieu de 52,17; Cl : 23,5 au lieu de 23,74).

Au début de cette décomposition, les proportions relatives de chlorure de chromyle et de chlore produits dépendent du mode de chauffage.

Si l'on élève brusquement la température, il se produit surtout du chlore, et la réaction principale est représentée par l'équation

$$3(CrO^2)^5Cl^6 = 5(CrO^2)^3Cl^2 + 8Cl.$$

Au contraire, lorsqu'on chauffe lentement, il part surtout du chlorure de chromyle provenant de l'attaque du sous-chlorure par le chlore lentement dégagé; la réaction principale s'écrit alors en bloc

$$(CrO^2)^5Cl^6 = (CrO^2)^3Cl^2 + 2CrO^2Cl^2$$

et la perte de poids est beaucoup plus considérable que dans le premier cas.

Le mode de décomposition pyrogénée du sous-chlorure de chromyle permet de prévoir la nature des réactions qu'il présentera à chaud. A température relativement basse, il agira par son chlore; à température élevée, à la fois par son chlore et son oxygène.

Ainsi, l'hydrogène le réduit à chaud en donnant d'abord de l'acide chlorhydrique, puis, lorsque la température atteint environ 200°, de l'acide chlorhydrique et de l'eau.

L'action de l'hydrogène sulfuré commence vers 150°; il se dépose du soufre en même temps qu'il se dégage de l'acide chlorhydrique. Vers 250°, les cristaux brûlent dans le courant gazeux avec production des gaz chlorhydrique et sulfureux; il reste finalement du sesquioxyde de chrome.

L'acide bromhydrique attaque facilement, dès 150°, le sous-chlorure de chromyle; l'acide chlorhydrique produit est mêlé de vapeur de brome; je n'ai pas encore pu isoler de bromure ou de chlorobromure de chromyle dans les produits de cette réaction.

Le gaz ammoniac se distingue des précédents par la facilité avec laquelle il réagit. A froid, il y a production violente de fumées de chlorure d'ammonium; la température s'élève assez pour faciliter la réduction plus complète du dérivé chromé, qui se transforme en un mélange de bioxyde et de sesquioxyde de chrome, en perdant de l'oxygène.

Par toutes ces propriétés, le sous-chlorure $(CrO^2)^5Cl^6$ rappelle le chlorure de chromyle CrO^2Cl^2, à cette différence près qu'il faut en général chauffer pour amorcer les réactions. Cette plus faible activité chimique est encore plus accentuée dans certains

cas. Ainsi, au contraire du chlorure de chromyle, le sous-chlorure est sans action sensible sur le soufre en solution sulfocarbonique bouillante; sur l'iode, même à 125°; sur le brome; sur le trichlorure de phosphore, même à l'ébullition. L'alcool lui-même n'est attaqué que lentement avec formation d'aldéhyde.

Certaines de ces réactions négatives doivent faire considérer le groupement $(CrO^2)^5$ comme saturé dans le sous-chlorure. Je n'ai pu en effet fixer sur lui ni brome ni iode; quant au chlore, il ne s'y ajoute qu'au-dessus de 150°, et avec une extrême lenteur, dans des conditions où la plupart des dérivés chromiques donnent, eux aussi, du chlorure de chromyle.

Pour ce qui est de la fonction chimique de ce sous-chlorure, si toutefois on peut la définir suffisamment par le peu de réactions actuellement connues, il semble qu'il faille la considérer comme étant la fonction chlorure d'acide.

Si l'on met en effet ce composé en suspension dans l'éther anhydre, et si l'on envoie dans le liquide un courant de gaz ammoniac légèrement humide, les cristaux se transforment en un précipité amorphe jaune brun, mêlé de chlorure d'ammonium. De l'azote se dégage.

Ce précipité, lavé longtemps sur un filtre, perd du chromate d'ammonium, du chromate de chrome, et il reste finalement une poudre jaune brun fort instable, presque insoluble dans l'eau, qui doit être séchée à 90° au plus, pour éviter une décomposition explosive en sesquioxyde de chrome, ammoniaque, eau et azote. Elle présente la composition $(CrO^2)^5(OAzH^4)^6$, car on a :

		Au lieu de
Perte au rouge	39,9	39,2
Cr	41,2	41,6
$\frac{Cr}{AzH^3}$	2,56	2,55

Ce composé serait bien le sel d'ammonium correspondant au chlorure d'acide $(CrO^2)^5Cl^6$. Il rappelle tout à fait, comme propriétés et constitution, le sel $(CrO^2)^3(AzH^4)^2$ de Heintze, qui correspondait au chlorure $(CrO^2)^3Cl^2$ de Thorpe. L'instabilité de ces composés rend presque impossible, malheureusement, la préparation des sels analogues d'autres métaux.

BOTANIQUE. — *Sur une écorce médicinale nouvelle de la Côte d'Ivoire et son alcaloïde.* Note de **Ém. Perrot**, présentée par M. Guignard.

Au cours de sa première exploration de la forêt tropicale de la Côte d'Ivoire, en 1907, M. A. Chevalier remarquait un arbre connu seulement de certaines tribus indigènes qui lui attribuaient différentes vertus médicinales et dont l'écorce, particulièrement en infusion, était considérée par eux comme un excellent médicament fébrifuge. Il en fit recueillir une petite quantité qui nous arriva en avril 1907.

Les premiers essais faits au laboratoire nous ayant permis d'isoler quelques cristaux d'un alcaloïde, qui paraissait y être contenu en abondance, il nous a paru intéressant d'entreprendre l'étude botanique, pharmacologique et chimique de la plante.

Grâce aux indications précises de M. A. Chevalier et à l'extrême obligeance de M. le capitaine Schiffer, commandant du cercle de la Haute Sassandra, nous avons pu nous faire expédier à plusieurs reprises des quantités assez importantes de la drogue.

La détermination spécifique de l'arbre producteur étant encore controversée, nous lui laisserons le nom de *Pseudo-cinchona africana* A. Chev., sous lequel il nous parvint avec l'étiquette de la main même de son distingué collecteur.

D'ailleurs ce dernier, encore actuellement dans cette région, rapportera sûrement des documents qui lui permettront de fixer d'une façon définitive la position systématique de la plante.

Le *Pseudo-cinchona africana* Aug. Chev. est un arbre de la famille des Rubiacées, élancé, de 15^{m} à 20^{m} de haut et de 25^{cm} à 35^{cm} de diamètre environ, avec jeunes rameaux et inflorescence glabres.

Les feuilles sont opposées, avec pétioles grêles de 10^{cm} à 20^{cm} de longueur, à limbe papyracé de 15^{cm} à 20^{cm} de long sur 5^{cm} à 7^{cm} de large, oblongues lancéolées, très atténuées aux deux extrémités, longuement acuminées, cunéiformes à la base, avec sept ou huit nervures latérales, très saillantes en dessous et présentant ordinairement des acarodomaties à leur point de jonction avec la nervure. Elles sont accompagnées de stipules lancéolées linéaires, de couleur vert rougeâtre et caduques, de 12^{mm} de longueur sur 3^{mm} de largeur à la base.

Les fleurs blanchâtres et petites, en panicules terminales de 5^{cm} à 10^{cm}, à rackis secondaires et tertiaires opposés le long des axes médians, forment une inflorescence pyramidale.

Le calice est à quatre lobes très petits, à tube urécolé, présentant quatre lobes très petits, blanchâtres; les quatre anthères sont insérées par un court filet à la base du tube de la corolle. Le fruit est sec, capsulaire, noirâtre à maturité, surmonté du calice persistant, et s'ouvre en deux valves avec de nombreuses graines ailées dans chaque loge.

L'écorce est en fragments roulés ou cintrés, plus ou moins volumineux, de 2^{mm} à 5^{mm} d'épaisseur, couverts d'un rhytidome écailleux, avec plaques de liège mince se détachant très facilement; ces plaques subéreuses sont fréquemment recouvertes par un lichen crustacé blanchâtre; la cassure est fibreuse, assez courte; la face interne, lisse, est de couleur acajou.

Au microscope, cette écorce est presque uniquement composée par un tissu libérien limité vers l'extérieur par de l'écorce secondaire mince, protégée elle-même du côté externe par un liège irrégulier, se détachant par plaques, et interrompu çà et là par des lenticelles.

Le tissu libérien, découpé par des rayons médullaires étroits, à deux et à quatre assises de cellules en bandes également étroites et irrégulières, est composé de cellules parenchymateuses assez larges et de tubes criblés, alternant en files radiales avec des fibres *isolées,* ce qui donne à la coupe un aspect uniforme assez caractéristique. Çà et là quelques cellules parenchymateuses, et surtout les éléments des rayons médullaires, sont plus ou moins remplis de sable cristallin d'oxalate de calcium.

L'alcaloïde nouveau obtenu par nous, cristallisé en longues aiguilles, peut être purifié par cristallisations répétées dans l'alcool; il est insoluble dans l'éther acétique et l'éther. Nous en avons confié l'étude à notre ami, M. Fourneau, qui en publiera bientôt les caractères physiques et chimiques, ainsi que l'analyse élémentaire. Des expérimentations physiologiques en cours permettent de penser que ce produit nouveau pourra trouver place dans l'arsenal thérapeutique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la catalase du sang.* Note de M. C. **Gessard**, présentée par M. Roux.

Je me suis proposé de vérifier que la catalase est, comme sa présence dans le sang le faisait présumer, la cause de la décomposition de l'eau oxygénée par la fibrine du sang et par l'hémoglobine cristallisée. A l'égard de l'hémoglobine, on peut dire que, depuis plus de 30 ans, la preuve est faite qu'elle n'a pas une part propre à ce phénomène. C'est le fait constaté par Al. Schmidt (1), encore qu'il ne l'interprétât pas comme l'a permis le progrès de nos connaissances, que le pouvoir catalytique décroît quand l'hémoglobine a subi une recristallisation. D'autre part, en opérant sur le sang défibriné, MM. J. Ville et J. Moitessier (2) ont entraîné dans un précipité de phosphate de chaux et remis en solution dans des liqueurs salines le principe diastasique actif sans trace d'hémoglobine. M. G. Senter (3) a reproduit ce résultat au moyen de l'alcool et a créé pour cette diastase, la catalase de Lœw, le nom nouveau peu justifié d'*hémase.*

Je devais d'abord reconnaître la présence de la catalase dans les produits qui lui doivent leur pouvoir sur l'eau oxygénée : l'hémoglobine de sang de cheval obtenue en beaux cristaux de premier jet par le procédé de MM. A.

(1) *Pflügers Archiv,* t. VI, 1872, p, 519.
(2) *Bull. Soc. chim.,* t. XXIX, 1903, p. 978.
(3) *Zeitsch. f. physik. Chemie,* t. XLIV, 1903, p. 257.

Vila et M. Piettre [1], la fibrine de sang de même espèce obtenue par battage et lavée jusqu'à parfaite blancheur. 10^g de chacune d'elles ont été respectivement dissous dans 1^l d'eau distillée, à la faveur, pour la fibrine, de 10^g de chlorure de sodium. L'opération est, dans les deux cas, identique et faite en parallèle.

J'ai adopté la technique de MM. Ville et Moitessier, me bornant toutefois à un traitement unique des solutions, d'abord par 20^{cm^3} d'une solution au dixième de chlorure de calcium, puis par une solution de phosphate disodique à 10 pour 100 sous le volume de 30^{cm^3} ajoutés goutte à goutte et en agitant. Le précipité est recueilli sur filtre, lavé à l'eau distillée. Pour enlever la diastase adhérente au phosphate de chaux, j'ai substitué aux solutions salines des auteurs du sérum sanguin, sérum de cheval, inactif pour l'eau oxygénée originellement ou à la suite d'une heure de chauffe à 60°, qui suffit à y détruire des traces de catalase éventuelles. Cette liqueur est précipitée par l'alcool, l'alcool rapidement écarté par filtration. Le précipité mis en suspension dans l'eau distillée est desséché dans le vide sulfurique. Pour l'essai, le produit sec fournit, par trituration avec l'eau distillée et filtration, une solution limpide, incolore pour la fibrine, ambrée sans bandes dans le spectre pour l'hémoglobine. Ces solutions décomposent l'eau oxygénée et sont rendues inactives par une heure de chauffe à 60°.

Je devais m'occuper, en second lieu, d'avoir des produits exempts de catalase, par quoi il fût démontré qu'en l'absence de cette diastase l'hémoglobine et la fibrine sont sans action sur l'eau oxygénée.

Al. Schmidt avait constaté, comme j'ai dit, qu'une seule recristallisation suffit à réduire considérablement le pouvoir catalytique de l'hémoglobine. J'ai réitéré cette opération et obtenu de recristallisations successives, poussées jusqu'à cinq, un produit dépourvu d'action sur l'eau oxygénée.

Quant à la fibrine, on peut l'obtenir d'emblée exempte de catalase. C'est telle qu'elle se sépare du plasma préparé par centrifugation du sang au sortir de la veine de l'animal [2]. On peut immerger un fragment de cette fibrine dans l'eau oxygénée sans produire de décomposition, ce qui contraste singulièrement avec l'effervescence que détermine dans les mêmes conditions la fibrine de battage, même après lavage pendant 8 jours avec eau et solution de fluorure de sodium à 2 pour 100, alternées. On fait servir également bien à cette démonstration la solution en milieu salin; celle-ci toutefois de titre réduit pour la fibrine de plasma, en rapport avec la réduction des facteurs de dissolution [3] qui résulte de son mode de préparation.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, 1905, p. 505.

(2) C'est un plaisir pour moi de remercier ici M. le professeur Vallée qui a mis si obligeamment à ma disposition pour cette opération les ressources de son laboratoire.

(3) H. Rulot, *De la fibrinolyse dans les solutions salines. Intervention des leucocytes* (*Mém. Acad. Belg.*, t. LXIII, 1903, et *Arch. internat. de Physiologie*, t. I, 1904, p. 152).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Détermination de la température de pasteurisation du lait dans ses rapports avec les applications industrielles. Influence du chauffage sur la conservation des propriétés physiologiques du lait.* Note [1] de MM. **P. Mazé, P. Guérault** et **Dinescu**, présentée par M. Roux.

L'application de la pasteurisation du lait à l'industrie fromagère exige quelques précautions, si l'on tient à lui faire rendre tous les services qu'elle peut donner.

C'est ainsi qu'on ne peut pas adopter indifféremment telle ou telle température de pasteurisation; le chauffage peut, en effet, modifier la propriété que possède le lait de coaguler sous l'action de la présure.

Les observations des auteurs ont établi depuis longtemps que les conditions d'action de la présure sont modifiées chaque fois qu'on chauffe le lait pendant quelques minutes à une température supérieure à 65°-66°.

Partant de cette donnée, l'un de nous avait fixé la température de pasteurisation à 65°-66°, après avoir constaté qu'elle peut donner des résultats pratiquement efficaces.

Les faits relevés dans la grande industrie après plusieurs années d'application ont montré que le lait chauffé donne, en poids de fromage, un rendement inférieur de 10kg à 15kg par tonne à celui que fournit le lait frais.

Nous nous sommes proposé de déterminer les causes de ce déficit afin de le faire disparaître.

Il est évident, *a priori*, que ce sont les matières albuminoïdes du lait qui sont ici en jeu et, en particulier, la caséine en suspension; la fraction qui n'est pas retenue par la présure doit se retrouver dans le petit-lait, où il est facile de la mettre en évidence par la détermination de l'extrait sec à 100°. Nous avons noté en même temps la durée de coagulation. Voici les résultats obtenus :

Tableau I.

	Lait non chauffé.		Lait chauffé à 65°.		Lait chauffé à 70°.		Lait chauffé à 75°.		Lait chauffé à 80°.	
	Durée de coagulat.	Extrait en gr.	Durée de coagulat.	Extrait en gr.	Durée de coagulat.	Extrait en gr.	Durée de coagulat.	Extrait en gr.	Durée de coagulat.	Extrait en gr.
Première expérience...	40m	0g,6396	44m	0g,6541	46m	0g,6266	»	»	5h m	0g,6339
Deuxième expérience...	40	0,7332	43	0,7542	44	0,7373	»	»	5.33	0,6937
Troisième expérience..	44	0,7027	45	0,7089	45	0,6994	»	»	5	0,6603
Quatrième expérience..	35	0,7147	37	0,7093	»	»	53m	0g,6842	3	0,6522

(1) Présentée dans la séance du 17 mai 1909.

Ces chiffres confirment à la fois les observations relatives à la modification des conditions d'action de la présure par le chauffage préalable du lait, et les résultats de la grande industrie concernant le rendement du lait chauffé en poids de fromage. Ils montrent quelque chose de plus : l'extrait sec du petit-lait diminue à partir de 65°-66°, et déjà à 70° la compensation est acquise si l'on calcule les rendements en caillé du lait chauffé et du lait frais.

Ces résultats s'expliquent facilement; l'augmentation de l'extrait sec est due à un changement d'état de la caséine qui la soustrait à l'action de la présure. La diminution de l'extrait vient de la coagulation des albumines qui sont alors retenues par le caillé.

Voilà ce qu'on observe avec du lait frais; voyons si ces résultats se maintiennent lorsqu'on se place dans les conditions de la pratique où l'on se trouve presque toujours en présence de lait plus ou moins acide :

TABLEAU II.

A. *Influence de l'acidité obtenue par addition d'acide lactique pur avant le chauffage.*

Acide lactique ajouté en gramme par litre.......	0g,850			1g,3			1g,8		
Température de chauffage......................	non chauffé	65°	75°	non chauffé	65°	75°	non chauffé	65°	75°
Durée de coagulation en minutes...............	14	14	18	9	10	23	9	8	13
Extrait sec dans 10cm³ de petit-lait en grammes..	0g,6191	0g,654	0g,5932	0g,6934	0g,7017	0g,6775	0g,7145	0g,7156	0g,6896

B. *Influence de l'acide lactique ajouté avant le chauffage, à l'état de lait caillé par une culture de ferments lactiques.*

Volume de lait caillé ajouté pour 100 de lait frais..........	2				3				4			
Acidité du lait caillé en grammes d'acide lactique par litre..	9g,5				10g,2				12g,6			
Acide lactique ajouté en gramme par litre.	0g,19				0g,306				0g,504			
Tempér. de chauffage.	non chauffé	65°	75°	80°	non chauffé	65°	75°	80°	non chauffé	65°	75°	80°
Durée de coagulation.	53m	51m	56m	2h 16m	48m	39m	47m	2h	27m	27m	32m	1h 10m
Extrait sec dans 10cm³ de petit-lait.......	0g,650	0g,6586	0g,6524	0g,6299	0g,6516	0g,6547	0g,6393	0g,6136	0g,6243	0g,6357	0g,6079	0g,5776

C. *Action de l'acide lactique pur ajouté après le chauffage.*

Acidité ajoutée en gr. par litre...........	0g,350				1g,3				2g,2			
Tempér. de chauffage.	non chauffé	65°	75°	80°	non chauffé	65°	75°	80°	non chauffé	65°	75°	80°
Durée de coagulation.	20m	21m	21m	19m	12m	11m	9m	10m	9m	9m	8m	9m
Extrait sec dans 10cm³ de petit-lait	0g,6544	0g,6541	0g,6327	0g,6152	0g,7211	0g,7209	0g,6945	0g,6721	0g,6984	0g,6949	0g,6669	0g,6586

Ces chiffres prouvent que l'influence de l'acidité sur la durée de coagulation suit la même loi, que le lait soit chauffé ou non (A, B et C).

L'accroissement ou la diminution de l'extrait sec dus au chauffage après acidification suivent aussi la même loi qu'on a observée avec le lait non acidifié (A et B).

L'acidification après chauffage produit une diminution d'extrait sec dans le petit-lait (C), même à la température de 65°; et, comme l'acidification par ensemencement de ferments lactiques est de rigueur lorsqu'on pasteurise le lait destiné à la fabrication des fromages, il en résulte que la méthode corrige ses propres défauts.

Il est prudent néanmoins d'élever de 1° à 2° la température de pasteurisation lorsqu'on opère sur du lait bien conservé. On adoptera alors la température de 67°-68°.

Cette conclusion a été déjà vérifiée dans la grande industrie; l'expérience portait sur des volumes de 500l de lait, et l'on a constaté, conformément à nos prévisions, que le lait chauffé à 67°-68° donne un rendement en caillé légèrement supérieur à celui que fournit le lait non pasteurisé.

Un autre fait qui se dégage de ces résultats, c'est la coïncidence qui se manifeste entre la coagulation des albumines et la diminution apparente de l'activité de la présure.

Jusqu'ici on a attribué cette atténuation à l'abaissement de l'acidité évaluée à la phénolphtaléine et à la précipitation du phosphate et du carbonate de calcium. Ces phénomènes continus produisent des effets continus : un changement d'état de la caséine. L'atténuation du pouvoir coagulant de la présure ne se manifeste qu'à partir de 65°; elle est due à la précipitation des albumines.

Ce sont donc ces actions de coagulation des albumines qu'il faut éviter si l'on veut conserver au lait toutes ses propriétés originelles. Voilà la principale raison pour laquelle on doit fixer la température de pasteurisation du lait, quel que soit l'usage auquel on le destine, à un degré où ces albumines ne sont pas sensiblement atteintes. La température de 67°-68° permet d'obtenir ce résultat tout en détruisant les bactéries pathogènes du lait, à condition de faire durer son action au moins 5 minutes.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *De l'action hypotensive et myotique de l'urine humaine normale.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **E. Bardier**, présentée par M. Bouchard.

M. Bouchard a signalé en 1884 la présence dans l'urine d'une substance déterminant le myosis. Cette substance se trouve parmi les matières de

l'urine que l'alcool précipite ; elle est retenue par le noir animal et ne passe pas à la dialyse.

Reprenant l'expérience de M. Bouchard, nous avons injecté dans les veines d'un chien la solution aqueuse et dialysée de ces matières insolubles dans l'alcool et nous avons pu constater, outre l'action sur la pupille, une action manifeste sur la pression artérielle. Immédiatement après l'injection, cette pression s'abaisse considérablement (de 50^{mm} à 110^{mm} de mercure). Cette chute de pression se maintient pendant 6 à 10 minutes; la pression d'ailleurs ne remonte que très lentement à son niveau primitif.

Nous avons retrouvé les mêmes phénomènes chez le lapin. La solution dialysée de ces matières présente quelques-unes des réactions des substances protéiques (protéoses), réaction de Millon, réaction xanthoprotéique, précipitation par le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique, précipitation par le sulfate d'ammonium à saturation.

On peut facilement séparer ces matières de leur solution au moyen du sulfate ammonique à saturation. Le précipité obtenu, repris par l'eau, puis dialysé, fournit une solution incolore qu'on précipite par un excès d'alcool à 95°. On essore le précipité et on le dessèche dans le vide à froid. On obtient ainsi une poudre blanche grisâtre soluble dans l'eau. Cette solution possède des propriétés myotiques et hypotensives très énergiques.

Il n'est même pas nécessaire de précipiter l'urine par l'alcool pour obtenir ce produit. Il suffit de saturer l'urine par le sulfate ammonique. Le précipité est traité par de l'alcool légèrement acidifié par l'acide chlorhydrique pour enlever les matières colorantes qui ont été entraînées avec lui. Une fois décoloré, il est repris par l'eau, soumis à la dialyse. Cette solution agit très énergiquement sur la pupille et sur la pression sanguine. Le myosis, qui est très intense, persiste pendant 10 minutes au moins. C'est aussi la durée de l'hypotension artérielle.

Il existe donc dans l'urine humaine normale une substance précipitable par l'alcool et par le sulfate d'ammonium à saturation, qui donne quelques-unes des réactions des protéoses et qui n'est pas dialysable. Injectée à petite dose dans les veines, elle détermine à la fois un myosis très intense et un très fort abaissement de la pression artérielle. Ces deux actions sont-elles dues à une seule ou à deux substances? Nous ne pouvons pour le moment que signaler la coexistence constante des deux phénomènes. Sans préjuger de la pureté de ce corps, nous proposons de lui donner pour abréger le nom d'*urohypotensine*.

ZOOLOGIE. — *Sur la métamorphose du système musculaire des Muscides.* Note de M. Charles Pérez, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Outre les processus de destruction ou d'édification totales, qui ont fait l'objet d'une Note antérieure, on observe dans la métamorphose des Mus-

cides des remaniements variés, portant sur des muscles qui, communs à la larve et à l'imago, passent de l'une à l'autre par une transformation sur place. Il n'y a point, en effet, permanence, sous un même aspect, d'un muscle conservant une architecture invariable; mais, au contraire, transformation graduelle, à partir du type structural qui caractérise la larve, jusqu'à celui qui caractérise l'imago. C'est dans ce processus que l'on rencontre les phénomènes histologiques les plus curieux et les plus inattendus.

III. *Muscles tégumentaires remaniés.* — D'une manière très précoce, les muscles larvaires qui vont subir le remaniement perdent leur structure fibrillaire et leur striation transversale; toute différenciation en sarcoplasme et myoplasme s'abolit, et le muscle se transforme en une masse protoplasmique homogène, relativement peu éosinophile : contraste des plus nets avec les muscles phagocytés, dont le myoplasme éosinophile conserve, au contraire, sa structure. D'abord persistant, le sarcolemme finit par se résorber; l'ancien muscle est alors remplacé par une masse syncytiale nue, qui conserve encore ses anciennes attaches tégumentaires, mais est devenue tout à fait homogène et plastique, se laissant déformer et déprimer par les éléments voisins, cellules grasses ou sphères de granules. Les anciens gros noyaux musculaires, primitivement situés en surface, sous le sarcolemme, émigrent peu à peu dans la profondeur de la masse et se disposent à peu près suivant son axe.

D'autre part, au voisinage des plages syncytiales, se disposent de petits myoblastes embryonnaires appartenant au mésenchyme des histoblastes hypodermiques voisins et qui se multiplient d'une façon plus ou moins active par des mitoses répétées. Puis, peu à peu, les myoblastes viennent successivement se mettre en contact avec la grande masse syncytiale larvaire et ils se fusionnent avec elle. On observe dans les préparations toutes les étapes de ce singulier processus; les premières phases, où le corps du myoblaste est encore suffisamment distinct, rappellent un peu, en particulier par les déformations du noyau, la pénétration d'un amœbocyte dans un milieu légèrement résistant; mais bientôt une fusion complète s'établit entre le protoplasme du petit myoblaste et celui de la grande masse syncytiale, si bien qu'on distingue seulement le petit noyau myoblastique, récemment agrégé à la grande masse, et encore tout voisin de sa surface. Les petits noyaux myoblastiques émigrent ensuite en profondeur, jusqu'à venir au voisinage des gros noyaux larvaires conservés. Une fois noyés dans le protoplasma syncytial, les petits noyaux apparaissent avec un aspect un peu moins chromatique; ils peuvent bien encore se multiplier, mais uniquement par des divisions directes qui les alignent en chapelets, suivant la longueur du muscle. En dernier lieu s'organise à nouveau la différenciation en un sarcoplasme assez chromatique, où plongent les noyaux, et un myoplasme éosinophile, de fibrilles striées.

Ce sont donc des myoblastes embryonnaires, primitivement extérieurs au muscle, qui viennent se fusionner avec lui, et jouent ainsi chez les Mouches un rôle comparable à celui que jouent chez d'autres Insectes, comme les

Fourmis, les petits noyaux imaginaux plongés d'avance, à côté des gros noyaux fonctionnels, dans le sarcoplasme des muscles larvaires.

Ce processus de fusion progressive des myoblastes avec les masses syncytiales larvaires est tout à fait général pour les muscles remaniés des Muscides; mais il est susceptible de modalités très diverses; car, suivant les points considérés, l'importance des myoblastes est plus ou moins prépondérante par rapport à l'ancien muscle qu'ils contribuent à transformer. Pour certains muscles abdominaux, les myoblastes sont peu nombreux et leur multiplication est précaire; ils ne remanient guère que les extrémités du muscle, qui s'épanouissent avant de s'attacher à la peau; dans toute la région moyenne le muscle reste massif, et les noyaux larvaires y persistent jusqu'à la fin de la nymphose.

Pour d'autres muscles abdominaux, pour les muscles frontopharyngiens, etc., le remaniement est plus accusé : plus abondants autour du muscle larvaire, les myoblastes se multiplient plus activement; et, une fois fusionnés, ils donnent lieu à de plus nombreux chapelets de petits noyaux; les gros noyaux larvaires disparaissent, sans doute éparpillés eux-mêmes en petits noyaux par division directe multiple; enfin la masse musculaire se clive tout entière en fibres épanouies, dont chacune emporte un chapelet axial de petits noyaux.

Le cas extrême est fourni par les muscles du vol. Leur fonction est si éminemment spéciale à l'Insecte parfait, que l'on serait *a priori* tenté de leur attribuer, comme aux muscles des pattes, une origine exclusivement imaginale, aux dépens d'histoblastes embryonnaires se développant au moment de la nymphose. On doit à Van Rees cette notion qu'ils empruntent au contraire leur origine à des muscles larvaires persistants. Mais l'auteur hollandais a singulièrement exagéré l'importance de ces ébauches premières, qui n'ont guère en réalité d'autre rôle que celui d'échafaudages directeurs. La véritable construction des muscles vibrateurs est l'œuvre de puissants amas de myoblastes, solidaires du bourgeon hypodermique de l'aile; leur multiplication par mitoses est extrêmement active et, si les masses syncytiales larvaires représentent bien les centres originels auxquels viennent successivement se fusionner les myoblastes, ces apports extérieurs sont tellement prédominants que la partie larvaire en devient véritablement négligeable. Pratiquement les muscles du vol sont des muscles imaginaux conservant à l'état définitif la structure syncytiale. La découverte de Van Rees n'en garde pas moins, au point de vue morphologique, un grand intérêt.

PARASITOLOGIE. — *Sur le* Lathræa Clandestina L., *parasite de la Vigne dans la Loire-Inférieure*. Note de M. **Col**, présentée par M. Guignard.

Depuis 2 ans environ, les viticulteurs de Vallet, contrée qui fournit un des meilleurs crus de la Loire-Inférieure, constatent dans leurs vignobles la présence d'une plante, nouvelle pour eux, et à laquelle ils attribuent le dépérissement et même la mort de leurs vignes.

En avril dernier, voyant que l'arrachage de la plante incriminée était insuffisant pour la détruire et empêcher son apparition en de nouveaux points du terroir, les vignerons de Bonnefontaine, près Vallet, s'émurent et, le 2 mai 1909, chargèrent M. Cassard, qui porte le plus grand intérêt à la viticulture locale, de vouloir bien signaler ces faits aux autorités administratives et aux botanistes.

Des racines entremêlées et des fleurs, expédiées à M. Gouin, secrétaire général de la Société d'Agriculture du département, furent présentées à M. L. Bureau, directeur du Muséum d'Histoire naturelle de Nantes, qui reconnut, dans les fleurs, celles du *Lathræa Clandestina* L., plante commune dans le département. Sur les racines brunes étaient fixées, par des suçoirs vésiculeux, les racines blanches ramifiées du parasite (les racines fraîches sont d'un beau jaune foncé).

L'étude histologique des crampons-suçoirs et des racines nourricières, que nous avons faite, nous a montré que les suçoirs étaient bien implantés sur des racines de *Vitis vinifera*, qu'ils avaient la même structure que ceux décrits et figurés par Heinricher (1) pour la Clandestine fixée sur le Saule. Ils sont du type dit *suçoir compact* ou *en coin de pénétration,* par opposition à ceux du *Lathræa Squamaria,* qui sont du type thalliforme ou ramifié.

Le nombre relativement faible de ces suçoirs et leur diamètre, très rarement inférieur à 1mm, les différencient immédiatement de ceux du *Lathræa Squamaria*, toujours plus nombreux et plus petits, et qui forment, avec les radicelles du parasite, une véritable gaine feutrée autour de la racine nourricière. L'hôte nouveau n'a donc pas modifié la structure du parasite.

Ce n'est pas la première fois que l'on constate le parasitisme accidentel d'Orobanchées sur la Vigne; on y a déjà rencontré le *Phelipæa ramosa* C.-A. Mey (2) et surtout le *Lathræa Squamaria* L. (3). Dès 1850, Grenier et Godron, dans leur *Flore de*

(1) Heinricher, in *Sitz. Ber. Wiener Akad.,* 1892 et 1897.

(2) Prillieux et Delacroix, *Maladies cryptogamiques des végétaux,* t. II, 1897.

(3) Viala, *Les maladies de la Vigne,* 1893. L'auteur ne connaît que deux cas observés en Suisse par M. Perusset. — Le Dr H. Faes (*Revue de Viticulture*, 1908, p. 700) trouve aussi le *L. Squamaria* sur les vignes du bord du lac de Bienne, à Neuveville.

France, en parlaient comme d'un fait assez fréquent. Mais le *Lathræa Clandestina* n'avait jamais été observé sur cette plante.

Indépendamment du fait intéressant que nous venons de signaler, à savoir : l'envahissement, pour la première fois, de vignobles *très anciens* de la Loire-Inférieure par le *Lathræa Clandestina* L., plante commune dans ce département, il y a lieu de faire observer que cette plante des lieux humides a envahi cependant certaines vignes dont le sol est sec et le sous-sol pierreux.

Nous espérons, après une enquête plus complète, trouver les causes de cette regrettable invasion du sol des vignes et indiquer les moyens d'éviter son retour ; le parasitisme du *Lathræa Clandestina,* bien qu'accidentel, n'en est pas moins redoutable pour les vignes atteintes, qui devront être arrachées, au moins en partie.

GÉOLOGIE. — *Sur les nappes des Alpes orientales et leurs racines.* Note de M. **Émile Haug**, présentée par M. Michel Lévy.

Les études de Stratigraphie sont beaucoup plus avancées dans les Alpes orientales que les études de Tectonique ; aussi est-ce surtout de l'examen des faciès que l'on est en droit d'attendre de nouvelles confirmations de l'hypothèse de nappes empilées, originaires du Sud, formulée tout d'abord pour les Alpes occidentales, appliquée ensuite aux Alpes orientales. Je vais essayer pour celles-ci, comme j'ai fait précédemment pour celles-là, de résumer les caractères stratigraphiques des différentes nappes, en insistant surtout sur les données utiles à la détermination des racines que fournissent les terrains antérieurs au Crétacé et en particulier le Jurassique.

La nappe supérieure des Alpes occidentales reparaît au cœur même des Alpes orientales avec ses Schistes lustrés et ses roches vertes caractéristiques. Elle forme les flancs des Hohe Tauern et s'enfonce, sur toute la périphérie de cette vaste coupole, sous des nappes plus élevées (P. Termier), qui n'ont d'équivalent dans aucune des nappes des Alpes occidentales. Elle confine au Sud à la *zone cristalline des Lacs,* racine de nombreux lambeaux de recouvrement granitiques qui, depuis le Piémont jusque dans le Tyrol méridional, reposent sur les Schistes lustrés ou sur les amphibolites de la zone d'Ivrée. Cette zone cristalline se prolonge au Nord-Est par la zone tonalitique, que l'on peut suivre jusqu'au Bacher Gebirge. Nous savons peu de chose sur son ancienne couverture sédimentaire ; cependant le Lias des environs du lac d'Orta et celui des bords du lac de Lugano sont remar-

quables par leur caractère néritique et par leurs analogies avec celui du bassin du Rhône.

Sur le flanc nord-est de la coupole des Tauern s'appuie la *nappe des Radstädter Tauern*, où le Jurassique possède également le type néritique. Au-dessus de calcaires triasiques à *Diplopora* viennent des schistes pyriteux rhétiens, puis des marbres et des calcaires bien stratifiés, qui renferment des Pentacrines et des Bélemnites du groupe des *Canaliculati*. Cet ensemble forme, d'après M. Uhlig, un vaste anticlinal couché au nord et complètement enveloppé dans des quartzites séricíteux et dans des gneiss, associés à des granites et à des tonalites. Il semble donc que cette nappe ait également sa racine dans la zone tonalitique. Sa retombée orientale s'enfonce sous une nappe de micaschistes grenatifères et de gneiss, qui s'étend très loin vers l'Est et supporte directement le Houiller du massif des Stang Alpen, sans intercalation de couches siluriennes et dévoniennes, conformément à ce qui a lieu dans la zone cristalline des Lacs.

La nappe des Radstädter Tauern s'enfonce au Nord sous des phyllades qui forment le soubassement du chaînon triasique du Mandling, équivalent probable de la *nappe de Bavière*, c'est-à-dire de la plus inférieure des nappes que j'ai distinguées précédemment dans les Alpes calcaires septentrionales.

Divers auteurs ont insisté sur les grandes analogies de faciès que présentent avec le versant nord la *zone du Gailthal* et les *Karawanken du Nord*. M. Suess, le premier, y a vu, dès 1901, un pays de racines, et c'est là qu'il situait les racines des Alpes calcaires septentrionales. J'ai adopté cette manière de voir, mais seulement en ce qui concerne la plus inférieure des nappes. Les analogies de faciès que présentent les terrains de la nappe de Bavière avec ceux des Alpes calcaires de Lombardie sont toutefois non moins remarquables. On les retrouve aussi dans le prolongement vers le nord-est de cette zone tectonique, c'est-à-dire dans les plus occidentaux des chaînons situés entre la faille de la Giudicaria et la vallée de l'Adige. Elles portent surtout sur le Norien (Hauptdolomit), le Rhétien, le Lias moyen (Medolo = Fleckenmergel), les calcaires à *Aptychus*, le *Diphya-Kalk*, le Néocomien (Biancone = couches du Rossfeld et du Schrambach), le Sénonien (Scaglia = couches du Nierenthal).

Quoique les Alpes calcaires de Lombardie soient généralement attribuées aux Dinarides, elles appartiennent manifestement à la même zone isopique que la zone du Gailthal ; il serait facile de montrer qu'elles appartiennent à la même zone tectonique.

On est conduit dès lors à placer les racines de la nappe de Bavière et, par conséquent, celles de toutes les Alpes calcaires septentrionales dans les Dinarides, ou bien à n'accorder à la séparation des Alpes proprement dites et des Dinarides qu'une valeur secondaire.

La *nappe du Todtes Gebirge*, dont j'ai montré récemment l'individualité stratigraphique et la superposition à la nappe de Bavière, devait s'enraciner au sud de la zone du Gailthal; et, en effet, dans les Karawanken du Sud, le Trias présente des faciès to-

talement différents de ceux de la chaîne septentrionale et notamment le calcaire du Dachstein typique.

La *nappe du Sel* et la *nappe de Hallstatt*, quoique indépendantes, peuvent être attribuées à une même zone isopique, dont les faciès caractéristiques se retrouvent au sud du Gailthal et des Karawanken, dans les Alpes Carniques et dans leur prolongement vers l'Est, les chaînons de Tüffer et d'Ivanscica. Ainsi, on connaît dans la zone schisteuse de Salzbourg, qui constitue le substratum normal de la nappe du Sel, des couches siluriennes tout à fait semblables à celles des Alpes Carniques. Dans la zone des grauwackes de Styrie on a signalé, près de Hohentauern (Heritsch) et dans la vallée de Veitsch, du Viséen fossilifère identique aux couches de Nötsch, de la région au sud du Gail. Le Trias n'est plus représenté, dans les Alpes Carniques, que par des masses charriées originaires du Sud; mais, dans le nord de la Croatie, il existe, dans le chaînon de la Kunagora et de l'Ivanscica, des calcaires rouges virgloriens, fortement laminés, dont la faune est identique à celle de la Schreyer Alm, près Hallstatt (Gorjanovic-Kramberger). D'autres calcaires renferment des *Halobia* et représentent probablement les calcaires de Hallstatt.

Des lambeaux de diabase complètent les analogies avec les nappes moyennes du Salzkammergut. Il n'est donc pas téméraire de penser que les racines de ces nappes se trouvaient dans les zones fortement écrasées qui séparent les Karawanken des Alpes Juliennes.

On pouvait s'attendre à rencontre plus au Sud encore la racine de la *nappe du Dachstein;* et, en effet, les termes les plus caractéristiques de cette nappe, les calcaires zoogènes du Dachstein, les couches du Hierlatz, le Tithonique coralligène, les calcaires à Hippurites, sont représentés, avec des caractères à peu près identiques, sur le bord méridional des Alpes Vénitiennes, au delà d'une zone tabulaire où le Trias affecte des faciès bien différents de ceux du versant nord des Alpes.

Dans les Alpes orientales, comme dans les Alpes occidentales, les racines se succèdent donc du Nord au Sud dans l'ordre même de l'empilement des nappes correspondantes.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'un conglomérat et d'une discordance éocènes en Grèce.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Henri Douvillé.

Si de Naupacte au sommet de Glokova, sur le golfe de Corinthe, on suit la crête littorale, on trouve qu'elle est composée de flysch (schiste et grès). A l'Ouest s'intercalent dans cette formation les massifs de Glokova et Varassova, en calcaire crétacé-éocène, comme l'a constaté M. Philippson, Le flysch incline à l'Est et s'enfonce sous la nappe de charriage de Naupacte, au mont Rigani (*Comptes rendus,* 27 novembre 1905). Les horizons supérieurs des massifs calcaires de Glokova et Varassova présentent *Alveolina* du groupe de *subpyrenaïca* et *Orbitolites complanatus* du Lutétien, et assignent ainsi à la partie supérieure du flysch un âge tout au plus lutétien.

D'autre part, au sud de la citadelle de Naupacte, à la partie tout à fait supérieure de ce flysch, s'intercalent des bancs de conglomérat, alternant avec des bancs de grès et de calcaire gris grenu et le tout est recouvert par un lambeau de la nappe.

Ainsi donc avant le charriage, les mouvements orogéniques s'annonçaient déjà par une émersion. Notons d'ailleurs que la direction ONO qui est celle des plis éocènes (ou achaïques) en Grèce, plis qui ont donné lieu au charriage, se rencontre à chaque pas sur le mont Rigani, interférant avec la direction des plis miocènes NNO; cette dernière direction passe ici généralement par déviation ménagée à la première, si bien qu'on trouve souvent la direction intermédiaire NO. On retrouve aussi quelquefois la direction NE des plis crétacés dans l'infrastructure de la nappe, particulièrement au nord de Rigani, et même sur la nappe lorsqu'elle se moule sur un pli NE, mais c'est par erreur que j'ai cité cette direction contre la citadelle dans le travail ci-dessus; c'est une erreur que j'ai déjà corrigée par ma Note du 5 novembre 1906.

Le conglomérat lutétien de Naupacte est composé de galets bien roulés de grès, de calcaire lithographique et de calcaire gris grenu, ainsi que de jaspe bleuâtre ou grisâtre. Ce sont les mêmes éléments qui composent les conglomérats du synclinal compris entre les massifs de Glokova et de Varassova (*Comptes rendus*, 10 décembre 1906). Aussi bien donc par leur composition que par leur situation stratigraphique au-dessus des bancs calcaires de ces deux montagnes, les conglomérats du synclinal Glokova-Varassova doivent être identifiés au conglomérat de Naupacte et non pas à ceux de la Messénie, comme je l'ai fait dans le Mémoire précité.

Ce ne sont d'ailleurs pas les seules couches de conglomérat lutétien qui se présentent en Grèce. C'est, sans doute, à cette époque qu'il faut rapporter les bancs de conglomérat qui se trouvent, dans de nombreux endroits, intercalés dans le flysch, à l'ouest du Woïdias et de l'Olonos et sur lesquels M. Philippson a, le premier, porté l'attention. Nous verrons plus bas que ce flysch, par sa partie supérieure, appartient au Lutétien supérieur. C'est au même horizon qu'il faut, sans doute, rapporter les lambeaux de conglomérat épars dans la partie supérieure du flysch nummulitique du mont Ithôme que j'ai signalés autrefois (*Comptes rendus*, 5 novembre 1906 et 3 août 1908).

A la même époque on observe une discordance bien marquée. Rappelons d'abord d'une manière générale que M. Philippson a signalé une discordance entre le flysch supérieur au calcaire crétacé-éocène de Tripolitsa, et ce dernier calcaire. Cependant il faut être sur ses gardes lorsque ce flysch se trouve intercalé entre ce calcaire et la nappe de charriage, parce que dans ce cas il pourrait appartenir à la nappe et même aux hori-

zons les plus anciens (triasiques) de celle-ci (*Comptes rendus*, 21 décembre 1908). Boblaye et Virlet (*Exp. sc. de Morée : Géologie*, p. 157), ont entrevu la difficulté, mais ils n'ont pu se mettre d'accord parce que la superposition anormale des couches leur échappait à cette époque.

Cependant j'ai pu prendre la discordance sur le fait en deux endroits : à l'est de Varassova, pas loin de la mer, on voit le flysch supérieur reposer en discordance très nette, sur un flysch inférieur qui plus loin plonge sous le calcaire de Varassova.

La deuxième discordance a été observée dans le flysch lui-même, à l'ouest de l'Olonos, dans le ravin « Κριαριου » au-dessous de Kalussi. Ici le flysch, fortement redressé, est limité au Nord et en travers du ravin par un banc de calcaire nummulitique inclinant au Sud. Contre ce banc butent en discordance d'autres couches de flysch, sous un angle de plusieurs dizaines de degrés, sans aucune déviation ou froissement au contact, ce qui exclut toute idée de renversement. Le deuxième flysch comme le premier présente des bancs calcaires fossilifères, dont les fossiles ont été déterminés par M. Henri Douvillé.

Le premier flysch, le flysch redressé et surplombant, a donné les fossiles suivants (de la partie supérieure du Lutétien moyen ou de la base du Lutétien supérieur) :

Nummulites helveticus, *N.* cf. *Lucasi* ; nombreux *Orthophragmina discus* ; *O.* cf. *stellata* ; *Assilina* cf. *planospira*.

Le deuxième flysch adossé a donné (du Lutétien supérieur) :

Nummulites cf. *aturicus* ; grande espèce de *N.* du groupe de *N. complanatus* ; *Orthophragmina* du groupe de *stellata* ; *Lithothamnium*.

La discordance est ainsi fixée ici définitivement entre le Lutétien moyen et le Lutétien supérieur, tandis que la nappe qui recouvre le tout, même le Lutétien supérieur, assignerait au charriage un âge tout au plus de la fin du Lutétien.

Ainsi donc, comme dans les Pyrénées, les premiers bancs de poudingue de Palassou indiquent une première ride pendant le Lutétien ; en Grèce, à la même époque et plus exactement entre le Lutétien moyen et le Lutétien supérieur se manifestait une émersion, indiquée par des conglomérats d'une part, par une discordance d'autre part. Ici cependant le soulèvement principal, qui a dû se terminer par le charriage, paraît avoir eu lieu plus tôt qu'aux Pyrénées, à la fin du Lutétien.

Il est remarquable qu'à la coïncidence des époques d'émersion des Pyrénées et des plis achaïques en Grèce, correspond une similitude dans la direction des deux plissements : car, en Grèce, la direction des plis achaïques

est franchement ONO, lorsqu'elle ne se dévie pas contre les plis préexistants NE, comme à l'Olonos et dans la Grèce orientale (*Comptes rendus*, 15 janvier 1906).

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les nappes de la Corse orientale.* Note de M. E. **Maury**, présentée par M. Pierre Termier.

Les phénomènes de charriage signalés l'année dernière, par M. P. Termier et par moi [1], dans la région nord-est de la Corse (Ponteleccia, Saint-Florent, le cap Corse) prennent de plus en plus d'ampleur et deviennent de plus en plus évidents à mesure qu'on se dirige vers le sud. La nappe de recouvrement qui surmonte les Schistes lustrés et qui est formée, à sa base, par du *granite écrasé*, et plus haut par des terrains sédimentaires non métamorphiques, n'est représentée dans le nord que par des lambeaux isolés préservés de l'érosion à la faveur de synclinaux déterminés par des plissements ultérieurs. Vers le sud, cette nappe se développe davantage; et j'ai pu suivre sa bordure est depuis Ponteleccia, en passant près d'Aïti, de Sainte-Lucie-de-Mercurio et de Sermano, jusqu'à la vallée du Tavignano. Plus au sud encore, j'ai reconnu qu'au-dessus des Schistes lustrés il existe, non seulement une nappe, mais deux nappes superposées.

En effet, à l'ouest de Venaco, on trouve un puissant poudingue éocène reposant sur le granite alcalin laminé (*protogine*). Ce poudingue est recouvert par du *granite écrasé* supportant lui-même une grande épaisseur de *flysch* éocène. Si l'on suit cette formation vers le nord, on voit que le granite laminé supportant le poudingue est superposé aux Schistes lustrés. On a donc bien ici une double nappe de granite écrasé et laminé, contenant de l'Éocène. A peu de distance de Corte, les deux lames de granite se réduisent considérablement et l'on voit le flysch éocène reposer presque directement sur les Schistes lustrés, séparé d'eux simplement par le poudingue très réduit et par une brèche de friction.

Les Schistes lustrés qui apparaissent, à Corte, entre la protogine et l'Éocène, se prolongent vers le nord sous forme d'une bande étroite qui s'enfouit à son extrémité sous les granites écrasés ou laminés. A Castiglione, on observe les Schistes lustrés et leurs cipolins recouverts directement par le granite laminé. Ces Schistes lustrés forment ainsi une sorte de *fenêtre* ouverte à travers les deux nappes.

(1) P. Termier et E. Maury, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1426.

La nappe inférieure n'est pas continue au nord du Tavignano; elle disparaît le plus souvent et l'on ne la retrouve qu'en quelques points. Ainsi, sur les bords de la Casaluna près Ponteleccia, les granites écrasés qui supportent les terrains secondaires de la crête de Pedani reposent sur les grès éocènes, lesquels recouvrent les gabbros des Schistes lustrés. Au col de San Quilico près Corte, on voit aussi l'Éocène recouvert par le granite écrasé et par le Trias, tandis qu'il est superposé aux Schistes lustrés qui en ce point constituent une deuxième fenêtre à travers les nappes. Enfin, de même qu'au col de l'Asinao, où M. Deprat (1) a signalé du granite sur le calcaire nummulitique, j'ai trouvé, sur le bord de la plaine miocène d'Aleria et recouvrant les Schistes lustrés, des grès et des calcaires éocènes surmontés par du granite écrasé.

La nappe supérieure est très développée. Les épaisseurs de granite, de gneiss et de terrains sédimentaires y sont très variables; elles peuvent atteindre quelques centaines de mètres en certains points pour disparaître totalement en d'autres points, ou, sinon, se réduire considérablement. Ces disparitions sont communes, et le laminage des assises est extrêmement intense. Rien n'est plus convaincant à ce point de vue que les environs de Soveria, où les divers terrains en stratification confuse sont disposés dans le désordre le plus complet, avec des contacts anormaux très fréquents. Les granites écrasés eux-mêmes ont subi des modifications profondes au point d'être rendus tout à fait méconnaissables. C'est ce qu'on peut voir, par exemple, sur les deux rives du Golo, en amont de Francardo.

En résumé on peut établir, avec les documents déjà connus, que *toute la région orientale de la Corse où existent les Schistes lustrés a été recouverte complètement par des nappes, au moins au nombre de deux, formées par du granite écrasé supportant des terrains sédimentaires non métamorphiques*. Le complexe des Schistes lustrés repose lui-même sur du granite alcalin laminé (2) et sur des gneiss. Le granite écrasé des nappes se relie directement à la chaîne du granite alcalin laminé (*protogine* des auteurs) qui, dirigée du NW au SE, partage l'île en deux régions, géologiquement et minéralogiquement très différentes.

La séance est levée à 4 heures.

Ph. v. T.

---

(1) J. Deprat, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 652.

(2) P. Termier et J. Deprat, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 206.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUIN 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** rend compte de la mission qu'il vient de remplir à Rome comme délégué de l'Académie au Comité de l'Association internationale des Académies. Il indique les différentes affaires examinées pendant la Session et constate avec quelle cordialité les délégués des trois Académies de France ont été accueillis par leurs Confrères italiens.

M. **A. Gautier**, comme président de la délégation de l'Académie des Sciences au *VIIe Congrès de Chimie appliquée*, s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences avait nommé, pour la représenter au VIIe Congrès international de Chimie appliquée qui vient de tenir ses assises à Londres, trois de ses membres : M. Haller, M. Le Chatelier et moi-même. J'avais aussi été désigné par le vote des chimistes français comme président effectif de la Commission d'organisation de ce VIIe Congrès, MM. Troost et Schlœsing étant présidents d'honneur. Enfin M. le Ministre de l'Instruction publique avait bien voulu me mettre à la tête de la nombreuse délégation nommée par lui pour représenter à Londres son département. On me demande de résumer ici, en quelques mots, l'impression qui m'est restée de cette importante manifestation scientifique. Je pense que les savants français peuvent être satisfaits des efforts qui ont été faits pour représenter dignement en cette circonstance notre pays et faire honneur à l'invitation de l'Angleterre. Trois cents chimistes ou industriels français autorisés ont participé au Congrès de Londres et y ont présenté environ cent Mémoires, presque tous partiellement ou complètement originaux.

Je n'ai pas besoin de dire que nos voisins d'Outre-Rhin y étaient aussi en nombre avec M. Otto Witt, comme président de la délégation allemande. Les chimistes italiens avaient à leur tête le sympathique ancien Président du VI[e] Congrès tenu à Rome en 1906, M. de Paternò, vice-président du Sénat, qu'avaient suivi près de 150 chimistes de son pays. Les autres nations (à l'exception bien entendu de l'Angleterre) étaient représentées par des délégations un peu moins nombreuses.

L'ouverture du Congrès s'est faite le jeudi 27 mai en présence de leurs Altesses royales le Prince et la Princesse de Galles.

Ce n'est pas le moment de décrire ici les fêtes, souvent magnifiques, qui nous ont été offertes par les Anglais. On connaît leurs habitudes de large et cordiale hospitalité. Les Communications très nombreuses qui ont été présentées dans chacune des onze sections spéciales (1) seront publiées en leur temps dans les actes du Congrès que présidait l'illustre Sir William Ramsay, avec M. Mac Nab comme secrétaire général. Nous devons rendre hommage à leurs efforts qui ont assuré le succès de ce VII[e] Congrès. Dans la séance de clôture, il a été décidé que le VIII[e] Congrès international de Chimie appliquée se tiendrait en 1912 à New-York, sous la présidence du grand industriel américain, M. Nichols.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Présentation des Comptes rendus, Rapports et Communications du premier Congrès international du froid (Paris, 5-12 octobre* 1909). Note de M. **d'Arsonval**.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les trois Volumes des Comptes rendus et des Rapports du premier Congrès international du froid, tenu à Paris en octobre dernier, et publiés sous la direction de M. de Loverdo, secrétaire général du Congrès.

J'ai à peine besoin de vous rappeler l'éclatant succès de ce Congrès, le

(1) Ces onze sections étaient les suivantes : I. *Chimie analytique.* — II. *Chimie inorganique et industries qui en dérivent.* — III. *Métallurgie; Mines; Explosifs.* — IV. *Chimie organique et industries dérivées; Matières colorantes et leurs applications.* — V. *Industrie et Chimie du Sucre.* — VI. *Industries de l'amidon, de la fécule, des farines; Industries de fermentations. Distillerie.* — VII. *Chimie agricole.* — VIII. *Hygiène. Chimie physiologique et pharmaceutique. Bromatologie.* — IX. *Chimie photographique.* — X. *Electrochimie; Chimie physique; Radiologie.* — XI. *Lois et Économie politique dans leurs rapports avec l'industrie chimique.*

nombre et surtout la qualité de ses adhérents, et aussi la part de son organisation qui revient à notre Compagnie. En effet, les six sections du Congrès étaient présidées par six membres de l'Institut, dont quatre, MM. d'Arsonval, Gautier, Léauté et Tisserand, appartiennent à l'Académie des Sciences, qui avait délégué pour la représenter MM. A. Picard, Dastre et Haller.

Les Comptes rendus parus 6 mois à peine après le Congrès sont une véritable encyclopédie, dans laquelle se trouvent méthodiquement classées toutes les notions théoriques et pratiques que nous possédons jusqu'ici sur cette nouvelle branche de l'activité humaine.

La tâche était certes fort malaisée, car il y avait plus de 200 Mémoires, écrits en français, en anglais, en allemand et en italien, à faire imprimer, des dessins nombreux et des photographies à faire reproduire, et tous les Comptes rendus des séances du Congrès à faire représenter sous la forme définitive.

Le premier Tome renferme tous les renseignements relatifs à la préparation et à l'organisation du Congrès, son règlement, la composition de ses comités, le Compte rendu sténographique des séances du Congrès et des travaux de section, renvoyant aux Tomes II et III pour les Mémoires faisant l'objet des discussions, l'énoncé des vœux formulés par le Congrès, enfin des renseignements relatifs aux statuts et à la constitution de l'Association internationale du froid, créée le 25 janvier dernier et dont le but est de poursuivre d'une façon permanente l'œuvre féconde entreprise par le premier Congrès international du froid.

En passant, il est très intéressant d'attirer l'attention de l'Académie sur cette importante Association, qui va installer une station expérimentale de froid sur le réseau de P.-L.-M. et qui va entreprendre l'unification des mesures frigorifiques et des méthodes d'essais des machines à froid.

Les Tomes II et III renferment les Rapports et Communications présentés au Congrès et classés méthodiquement.

Il serait difficile de faire une analyse de ces Mémoires, dont quelques-uns possèdent une importance scientifique et technique considérable. Néanmoins il est intéressant de signaler l'Étude inédite de M. Kamerlingh Onnes *Sur la liquéfaction de l'hélium*, sujet sur lequel l'auteur n'avait fait jusqu'ici que de courtes Notes adressées aux Compagnies savantes.

Il convient également de signaler une Étude magistrale de M. Maurice Leblanc *Sur l'unification des mesures frigorifiques*.

Il importe aussi de noter le Mémoire de Miss Dr Pennington *Sur l'étude histologique, chimique et biologique des volailles traitées par le froid*, et celui

de M. Richardson relatif aux viandes. Les Rapports de M. Jean Becquerel *Sur l'absorption et l'émission aux très basses températures,* de M. Georges Claude *Sur l'état actuel de l'industrie de l'air liquide,* de MM. Bordas et Touplain *Sur l'étude des gaz de l'atmosphère,* de MM. Beijerink et Jacobsen, de Leyde, relativement à l'*Influence des très basses températures sur la vitalité des microbes,* etc.

Parmi les autres Rapports, sont dignes d'attirer l'attention les Mémoires des savants et techniciens français MM. l'Abbé Audiffren, Boudouard, Dr Carles, Desvignes, Fernbach, Heilbronner, Gruvel, Perrot, de Loverdo, Rappin, Charles Tellier.

Parmi les Américains, il faut citer : MM. Voorhees, Cooper, Powell, Rogers, Wiley, Siebel.

Parmi les Allemands : MM. Döderlein, Von Linde, Hirsch, Kogler.

Parmi les Anglais : MM. Williams, Rideal, Bost, Wemyss, Anderson.

Parmi les Hollandais : MM. de Jong, Koopmann, Van Pittius.

Parmi les Italiens : MM. Mancini, Major Ferretti, Bianchi, Segre, Bazzi.

Parmi les Russes : MM. Karathyguine, Polferrof, Polovinkine, Borodine.

Parmi les Autrichiens : MM. Spalek, Meter, Bauer, Brandeis, Porgès.

Parmi les Belges : MM. Schoofs, Mathot.

Parmi les Argentins : MM. Bergès, Zabala.

Parmi les Danois : MM. Schou, Steenberg, etc.

Cette simple énumération suffit pour démontrer l'importance de cette publication considérable très abondamment illustrée. De plus, chaque Volume comporte des Tables de matières et Tables de noms d'auteurs qui facilitent énormément les recherches. Une autre innovation consiste également en ce que chaque Mémoire porte en tête l'indication de la page du Volume dans lequel il a été résumé avant l'ouverture du Congrès. Ces résumés ont fait l'objet de trois éditions : une française, que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau, une anglaise et une allemande. Ceux qui ne sont pas familiarisés avec les langues étrangères n'ont qu'à se rapporter à l'édition la plus commode pour savoir si le contenu d'un Mémoire est de nature à les intéresser.

Ces Volumes, qui groupent les noms les plus compétents de l'univers, forment un véritable monument élevé à la science et à l'industrie du froid et constitueront pendant de longues années le fond d'une documentation sûre et éclairée pour tout ce qui concerne le froid.

ASTRONOMIE. — *Présentation d'un Catalogue méridien de l'Observatoire de Bordeaux.* Note de M. **B. Baillaud.**

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un premier Catalogue méridien de l'Observatoire de Bordeaux entrepris dès 1881 par Rayet, le premier directeur de cet Observatoire. Ce Catalogue contient 6999 étoiles, dont les déclinaisons sont comprises entre — 15° et — 20°.

C'est une réobservation d'une partie des zones australes d'Argelander, entre — 15° et — 20°. On y a ajouté 451 étoiles de la *Bonner Durchmusterung* pour combler les lacunes du premier Catalogue.

Les observations publiées dans les Volumes d'*Annales de l'Observatoire de Bordeaux* ont été faites de 1881 à 1895 par la méthode de l'œil et de l'oreille. Les observateurs ont été : Rayet, Doublet, Courty, Flamme, Picart, Féraud. De ces six astronomes, M. Doublet seul a poursuivi les observations depuis le commencement jusqu'à leur achèvement.

Les observateurs ont fait eux-mêmes les réductions instrumentales et les réductions à janvier zéro. La réduction à l'équinoxe de 1900,0, la comparaison à divers Catalogues ont été faites par M. Kromm, qui a également corrigé les épreuves.

Le nombre moyen d'observations pour une même étoile est 2,1.

L'écart moyen entre deux observations d'une même étoile n'offre pas d'allure systématique; il est de $0^s,0920$ en ascension droite, $1'',132$ en déclinaison; l'erreur probable d'une observation, $0^s,0541$ et $0'',662$; celle de la moyenne des observations publiées : en ascension droite, $0^s,0373$; en déclinaison, $0'',457$. Pour apprécier la valeur des observations, il ne faut pas oublier qu'elles sont faites à une distance zénithale supérieure à 60 degrés.

Les fondamentales ont été généralement prises dans la *Connaissance des Temps*. L'écart moyen (*C. d. T.* — Bord.) des positions de ces fondamentales dans la zone — 15° à — 20° est $+0^s,005$ en ascension droite, $+0'',14$ en déclinaison.

Pour rapporter ce Catalogue au système de Newcomb, il faudrait appliquer les corrections moyennes suivantes : en ascension droite, $+0^s,043$; en déclinaison, $-0'',03$.

M. Kromm a comparé les positions du nouveau Catalogue à celles du Catalogue primitif et, en outre, aux Catalogues suivants : Munich; Bonner Beobacht., t. VI; Tacchini, Hagen (*Washburn Observatory*, t. III); aux zones observées à Washington de 1846 à 1849, et a déduit un certain

nombre de mouvements propres donnés en Appendice avec diverses remarques; un autre Appendice donne par rapport à Argelander, pour chaque étoile, l'écart des dates des observations.

L'Académie appréciera la somme de travail que représente ce Catalogue de 6999 étoiles dont l'élaboration et la valeur font honneur aux astronomes de Bordeaux, à Rayet, le créateur de l'Observatoire, et à M. Luc Picart, son successeur.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les ondes hertziennes et l'équation de Fredholm.* Note de M. H. **Poincaré**.

Considérons un conducteur soumis à l'action d'un champ extérieur, et cherchons à mettre les équations du champ électromagnétique sous la forme d'une équation de Fredholm. Pour cela nous envisagerons un point x, y, z situé à l'intérieur du conducteur, très près de la surface et du côté interne, et nous écrirons qu'en ce point les deux composantes tangentielles de la force magnétique sont nulles. Désignons par l, m, n, l_1, m_1, n_1, l_2, m_2, n_2 les cosinus directeurs de la normale et des tangentes aux lignes de courbure à la surface du conducteur. Soient α la première composante de la force magnétique due au champ *intérieur,* c'est-à-dire au champ développé par le conducteur lui-même, α^* la composante correspondante due au champ extérieur, et enfin $\alpha + \alpha^*$ celle qui est due au champ total. Nos équations s'écriront

$$l_1(\alpha + \alpha^*) + m_1(\beta + \beta^*) + n_1(\gamma + \gamma^*) = 0,$$

ou

$$(1) \qquad \Sigma l_1 \alpha = - \Sigma l_1 \alpha^*, \qquad \Sigma l_2 \alpha = - \Sigma l_2 \alpha^*.$$

Les seconds membres des équations (1) doivent être regardés comme connus, puisque le champ extérieur est connu. Quant aux premiers membres, ils peuvent être représentés par des potentiels retardés de simple et de double couche dont la densité dépend des courants de conduction qui règnent à la surface du conducteur. La première équation (1) nous donne ainsi, par exemple, l'équation suivante, dont je vais expliquer la signification :

$$(2) \qquad - \Sigma l_1 \alpha^* = - 2\pi \Sigma l_2 \mathrm{U} + \int \Sigma k_1 \mathrm{U}' \frac{d}{dn'} \frac{e^{-i\omega r}}{r} d\sigma' + \int \Sigma k'_1 \mathrm{U}' \frac{e^{-i\omega r}}{r} d\sigma' + \int \nu' \cos\theta \frac{e^{-i\omega r}}{r} d\sigma'.$$

Nous désignons par $d\sigma'$ un élément de la surface du conducteur ayant pour centre de gravité le point x, y, z; r est la distance des deux points x, y, z et x', y', z'.

Notre perturbation est regardée comme une perturbation périodique, amortie ou non, de telle façon que toutes nos fonctions puissent, par un artifice bien connu, être regardées comme proportionnelles à $e^{i\omega t}$. Dans ces conditions le potentiel retardé d'une masse égale à 1 placée au point x', y', z' sera proportionnel à $\frac{e^{-i\omega r}}{r}$. Nous représentons par

$$U' d\sigma', \quad V' d\sigma', \quad W' d\sigma'$$

les composantes du courant de conduction qui traversent $d\sigma'$, de telle sorte que U', V', W' représentent les densités superficielles du courant en x', y', z'; U, V, W représentent les densités correspondantes en x, y, z.

On a d'ailleurs

$$\Sigma k_1 U' = k_1 U' + k_2 V' + k_3 W',$$
$$k_1 = m' n_1 - n' m_1, \qquad k'_1 = C'_1 l'_2 \Sigma l_1 l'_1 - C'_2 l'_1 \Sigma l_1 l'_2 ;$$

l', m', n', etc., sont les valeurs de l, m, n, etc., au point x', y', z'; C'_1 et C'_2 sont les deux courbures principales de la surface; k_2, k_3, k'_2, k'_3 se déduisent de k_1 et k'_1 par symétrie.

La dérivée $\frac{d}{dn'}$ est estimée suivant la normale à la surface au point x', y', z'. On définit ν par l'égalité

$$\int (U\, dx + V\, dy + W\, dz) = \int \nu\, d\sigma,$$

où le premier membre est une intégrale simple étendue à une courbe fermée quelconque tracée sur la surface et où le second membre est une intégrale double étendue à l'aire limitée par cette courbe. Quant à ν', c'est la valeur de ν au point x', y', z'.

On a enfin

$$\cos\theta = \Sigma l_1 l',$$

de sorte que θ est l'angle de la normale au point x', y', z' avec la tangente à la ligne de courbure en x, y, z. Telle est la signification de l'équation (2).

Si l'on pose

$$\Phi = \cos\theta \frac{e^{-i\omega r}}{r},$$

la dernière intégrale du second membre de (2) peut se transformer par inté-

gration par parties et s'écrire

$$-\int \Sigma \frac{d\Phi}{dx'} U' d\sigma'.$$

Pour calculer les trois dérivées partielles de Φ, il faut compléter la définition de Φ qui n'est défini que sur la surface du conducteur; pour cela on conviendra que Φ doit conserver la même valeur tout le long d'une normale à cette surface.

L'équation (2) prend ainsi la forme

$$(3) \qquad -\Sigma l_1 \alpha^* = -2\pi \Sigma l_2 U + \int (K_1 U' + K_2 V' + K_3 W') d\sigma',$$

où K_1, K_2, K_3 qui jouent le rôle de noyaux sont des fonctions données de x, y, z, x', y', z'. La seconde équation (1), traitée de la même manière, nous donnerait une équation de même forme

$$(4) \qquad -\Sigma l_2 \alpha^* = 2\pi \Sigma l_1 U + \int (K'_1 U' + K'_2 V' + K'_3 W') d\sigma',$$

et nous pouvons y adjoindre l'équation

$$(5) \qquad 0 = \Sigma l U,$$

qui signifie que le courant est superficiel.

Nous avons ainsi trois équations (3), (4), (5) avec les trois inconnues U, V, W, et qui ont la forme d'équations de Fredholm, avec cette particularité que dans la troisième les noyaux sont nuls.

Comme à l'aide de cette équation (5) on peut presque immédiatement éliminer l'une des trois inconnues, il n'y a en réalité que deux inconnues distinctes. On pourrait également prendre comme inconnues la quantité ν et la densité électrique superficielle; on retomberait ainsi sur des formules analogues à celles que j'ai obtenues pour certains cas moins généraux dans une Note antérieure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des trois oxy- et des p-diméthylamido- et diéthylamidobenzylidènecamphres et des p- et m-tolylidènecamphres.* Note de MM. **A. Haller** et **Ed. Bauer**.

Il y a quelques années, l'un de nous [1] a montré que certaines aldéhydes aromatiques (benzoïque, cuminique, *o.m.p.*-méthoxybenzoïques, pipéro-

[1] A. Haller, *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 22.

nylique, etc.) sont susceptibles de fournir avec le camphre sodé des produits de condensation non saturés, dont le terme le plus simple, le benzylidènecamphre, est représenté par la formule

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CHC^6H^5\\ |\\ CO\end{array}\right.$$

Tous ces composés sont incolores, possèdent un pouvoir rotatoire spécifique relativement élevé et une réfraction moléculaire anormale ([1]).

La présente Étude a pour but de rechercher l'influence qu'exerce sur la couleur et les propriétés optiques du benzylidènecamphre l'introduction dans le noyau benzénique des groupements fonctionnels phénoliques et dialcoylamidés.

Préparation des ortho-, méta-, paraoxybenzylidènecamphres droits. — Pour pouvoir effectuer la condensation des trois oxyaldéhydes avec le camphre sodé, il nous a fallu les transformer au préalable en dérivés acétylés. Ces derniers s'obtiennent en faisant agir de l'anhydride acétique sur les oxyaldéhydes sodées sèches et pulvérisées tenues en suspension au sein de l'éther anhydre. Après avoir chauffé le mélange pendant quelque temps, on lave avec de l'eau, on dessèche la liqueur éthérée et l'on distille à la pression ordinaire d'abord, jusqu'à élimination totale de l'éther, puis dans le vide.

Quant à la condensation de ces composés acétylés avec le camphre, elle s'opère de la façon suivante :

20g de camphre bien sec dissous dans 100g d'éther anhydre sont chauffés pendant 4 à 5 heures avec 9g d'amidure de sodium jusqu'à ce qu'on ne perçoive plus de dégagement d'ammoniaque. Après avoir laissé déposer l'amidure non entré en réaction, on décante rapidement la liqueur surnageante et on l'additionne de 17g d'aldéhyde acétoxybenzoïque. Le mélange se colore; on le chauffe durant quelques heures au bain-marie et, après refroidissement, on traite par de l'eau acidulée. La liqueur éthérée est séparée par décantation et agitée, à plusieurs reprises, avec du carbonate de soude, dans le but de dissoudre de petites quantités d'acide oxybenzoïque formé au cours de la réaction. On sépare de nouveau la solution qui surnage et on l'agite avec une liqueur concentrée de bisulfite de soude pour éliminer l'aldéhyde non entrée en réaction. La solution éthérée est finalement évaporée et le résidu, constitué par un mélange de camphre en excès et du produit de condensation, est distillé dans un courant de vapeur d'eau qui entraîne le camphre. Il reste une huile presque entièrement soluble dans la potasse, mais qu'on chauffe néanmoins encore avec une lessive alcaline, de façon à

([1]) A. Haller et P.-Th. Muller, *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1370.

saponifier la totalité de l'acétoxybenzylidènecamphre. Cette solution est enfin acidulée et le précipité recueilli, lavé, est mis à cristalliser dans l'alcool.

Ce mode opératoire donne d'assez bons résultats avec les *o*- et *p*-acétoxybenzaldéhydes. Avec le méta dérivé les rendements sont beaucoup moins bons par suite de la formation d'une huile rougeâtre dont il est très difficile de séparer les cristaux.

L'*orthooxybenzylidènecamphre*, ou *salicylidènecamphre* droit

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH.C^6H^4OH \\ {\scriptstyle(1)}{\scriptstyle(2)} \\ CO\end{array}\right.,$$

se présente sous la forme de beaux cristaux brillants et très fortement réfringents. Jaunes d'abord, ces cristaux, après une série de cristallisations dans l'alcool concentré, finissent par devenir blancs et fondent à 209°-210°.

Ce corps se dissout en jaune foncé, tirant un peu sur l'orangé, dans une lessive alcaline.

Le *métaoxybenzylidènecamphre* cristallise au sein de l'alcool en aiguilles et dans le benzène et le toluène sous la forme de houppes blanches fondant à 144°-145°. Il est passablement soluble dans l'alcool et beaucoup moins dans les carbures benzéniques.

Ses solutions dans les alcalis sont d'un jaune moins intense que celles de ses isomères ortho et para.

Le *paraoxybenzylidènecamphre*, troisième isomère en $C^{17}H^{20}O^2$, constitue des cristaux blancs fondant à 207° et solubles dans la plupart des solvants organiques. Comme les composés ortho et méta, ce dérivé se dissout en jaune dans les lessives alcalines, et, à même concentration, la solution est moins foncée que celle du produit ortho et plus foncée que celle de l'isomère méta.

p-diméthylamido- et *diéthylamidobenzylidènecamphres droits*

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH.C^6H^4NR^2 \\ CO\end{array}\right..$$

— Ces deux dérivés prennent naissance en ajoutant peu à peu les aldéhydes respectives à une solution éthérée de camphre sodé préparée dans les mêmes conditions que celles citées plus haut.

Chaque addition d'aldéhyde détermine généralement une vive réaction. Après avoir chauffé le mélange pendant quelques heures, on y ajoute de l'eau glacée, puis un peu de soude qui enlève l'acide dialcoylamidobenzoïque formé au cours de la réaction.

On soutire la liqueur aqueuse et l'on agite la solution éthérée avec de l'acide chlorhydrique à 50 pour 100 qui dissout la totalité du produit de condensation. On décante la liqueur acide et on la neutralise par de la soude. Le précipité qui se forme est recueilli et mis à cristalliser dans l'éther de pétrole ou dans un mélange de ce carbure avec l'éther anhydre. Il arrive que le précipité prend l'aspect huileux et ne se solidifie que difficilement. Dans ce cas on l'étend, après sa prise en masse, sur des assiettes poreuses, et on ne le dissout que lorsqu'il est débarrassé de l'huile jaune foncé qui l'imprègne.

p-diméthylamidobenzylidènecamphre. — Paillettes ou lamelles d'un jaune foncé, très solubles dans l'alcool, l'éther, les carbures benzéniques, moins solubles dans l'éther de pétrole. Point de fusion : 139°. Insoluble dans l'eau et les alcalis, ce corps se dissout assez facilement dans les acides concentrés; mais ces solutions étendues d'eau laissent déposer une partie de diméthylamidobenzylidènecamphre.

Le *chlorhydrate* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH\,C^6H^4N(CH^3)^2HCl \\ | \\ CO\end{array}\right.$ a été obtenu en faisant passer un courant d'acide chlorhydrique sec dans une solution éthérée du dérivé diméthylamidé. Il se précipite une poudre blanche, très hygrométrique, et que l'eau dissocie instantanément en acide chlorhydrique et diméthylamidobenzylidènecamphre.

Ce chlorhydrate se dissout dans un excès d'acide en donnant une liqueur incolore.

Le *p-diéthylamidobenzylidènecamphre*, préparé dans les mêmes conditions que son homologue inférieur, est accompagné d'une plus grande quantité de produit huileux et nécessite, par conséquent, un traitement plus laborieux.

Quand il est pur, il se présente sous la forme de belles tables jaunes fondant à 78°-79°.

Soluble dans la plupart des solvants organiques, il est insoluble dans l'eau et les alcalis, mais se dissout dans les acides comme le dérivé diméthylamidé.

Son *chlorhydrate* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH\,C^6H^4N(C^2H^5)^2HCl \\ | \\ CO\end{array}\right.$ se prépare également comme l'homologue inférieur. Il constitue une poudre blanche se dissociant par l'eau et donnant, avec l'acide chlorhydrique, une solution incolore.

Les *p-* et *m-tolylidènecamphres* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH\,C^6H^4CH^3 \\ | \\ CO\end{array}\right.$ ont été pré-

parés en vue d'une étude spéciale qui fera ultérieurement l'objet d'une Note. Les conditions dans lesquelles ils ont été obtenus tous deux sont les mêmes que celles qui ont permis de préparer les dérivés décrits plus haut.

Le *p-tolylidènecamphre* cristallise dans l'alcool en aiguilles ou en prismes incolores fondant à 98°. Il se combine à l'acide bromhydrique quand on le dissout dans de l'acide acétique glacial saturé de HBr, pour donner un dérivé bromé que l'eau et les alcalis décomposent facilement.

Le *m-tolylidènecamphre* est également solide et blanc. Ses cristaux, formés au sein de l'alcool, constituent des prismes fondant à 77°,5.

L'intérêt que présente ces corps réside dans leur pouvoir rotatoire qui, pour les uns, est du même ordre de grandeur que celui des dérivés plus simples non substitués dans le noyau, et, pour les autres, beaucoup plus élevé.

Ces pouvoirs rotatoires ont été pris, dans l'alcool absolu, à une dilution se rapprochant sensiblement de $\frac{N}{30}$ au litre et sur une longueur $l = 100^{mm}$:

Composés.	Poids de la substance.	Volume de la disso-lution.	Tempé-rature.	α.	[α]D.
		cm³	°	° ′	°
Orthooxybenzylidènecamphre	0,0845	10	23	+3.58	+469
Métaoxybenzylidènecamphre	0,0859	10	23	+3.38	+423
Paraoxybenzylidènecamphre...........	0,0852	10	23	+4.16	+500
Paradiméthylamidobenzylidènecamphre.	0,0977	10	24	+7.31	+758
Paradiéthylamidobenzylidènecamphre ..	0,0990	10	19	+7.20	+740
Métatolylidènecamphre	0,0858	10	24	+3.24	+396
Paratolylidènecamphre................	0,0815	10	23	+3.44	+458

Si, maintenant, nous déterminons le pouvoir rotatoire des oxydérivés au sein d'une solution de potasse N/10 et à une dilution, par litre, de $\frac{1}{60}$ de molécule environ pour les composés méta et para et de $\frac{1}{80}$ de molécule pour l'isomère ortho, nous constatons qu'il y a une augmentation, une exaltation notable de ce pouvoir rotatoire.

Solution potassique de	Poids de la substance.	Volume de la disso-lution.	Tempé-rature.	α.	[α]D.
		cm³	°	° ′	°
Orthooxybenzylidènecamphre ..	0,0655	20	23	+2.40	+820
Métaoxybenzylidènecamphre ...	0,0973	20	19	+2.28	+507
Paraoxybenzylidènecamphre....	0,0900	20	22	+3.30	+770

En opérant, avec les dialcoylamidobenzylidènecamphres, dans des con-

ditions inverses, c'est-à-dire en solution acide, nous observons, au lieu d'une exaltation, une véritable diminution du pouvoir rotatoire.

Les mesures ont été faites sur des liqueurs à une dilution par litre de $\frac{1}{60}$ de molécule environ. Le diméthylamidobenzylidènecamphre a été dissous dans 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et la liqueur a été étendue à 20^{cm^3}. Pour le dérivé diéthylé on a employé $1^{cm^3},5$ (¹) de HCl et dilué à 20^{cm^3}. Longueur du tube : $l = 100^{mm}$.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Matière.	Poids de la substance.	Volume de la dissolution.	Température.	α.	[α]D.
Chlorhydrate acide de *p*-diméthylamidobenzylidènecamphre.....	0,1186	20^{cm^3}	23°	2°.1'	+356°
Chlorhydrate acide de *p*-diéthylamidobenzylidènecamphre.....	0,0973	20	23	+1.34	+321

Les chiffres obtenus n'ont rien d'absolu et ne nous renseignent que sur la nature de l'action de l'acide chlorhydrique. Le pouvoir rotatoire semble sensiblement indépendant de la quantité d'acide mis en présence. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce sujet et comptons précisément multiplier les déterminations dans les conditions les plus variées.

De l'ensemble des résultats obtenus, nous pouvons dès maintenant tirer les conclusions suivantes :

1° Les trois oxydérivés ortho, méta, para du benzylidènecamphre sont incolores comme le benzylidènecamphre lui-même, mais leurs solutions dans les alcalis sont colorées en jaune plus ou moins foncé ;

2° Le pouvoir rotatoire spécifique de ces composés, en liqueur alcoolique, est du même ordre de grandeur que celui du benzylidènecamphre et des méthoxybenzylidènecamphres, tout en étant un peu plus élevé.

Comme pour les méthoxydérivés, les pouvoirs rotatoires spécifiques vont en augmentant quand on passe des métadérivés aux ortho, puis aux para.

Dérivés méthoxy-.	[α]D.	Dérivés oxy-.	[α]D.
Métaméthoxybenzylidènecamphre..	+379°	Métaoxybenzylidènecamphre.	+423°
Orthométhoxybenzylidènecamphre.	+431	Orthooxybenzylidènecamphre	+469
Paraméthoxybenzylidènecamphre..	+467	Paraoxybenzylidènecamphre .	+500

(¹) La solution du dérivé diméthylé est partiellement dissociée lorsqu'on n'emploie que $1^{cm^3},5$ de HCl. Cette base paraît donc moins forte que son homologue supérieur.

3° Le pouvoir rotatoire des oxydérivés se trouve exalté quand on opère en solution alcaline ;

4° Les dérivés dialcoylamidés, au lieu d'être incolores, sont manifestement colorés en jaune et fournissent avec les acides, notamment avec l'acide chlorhydrique, des sels incolores dissociables par l'eau ;

5° Ces composés basiques ont un pouvoir rotatoire spécifique beaucoup plus élevé que celui des oxydérivés, pouvoir rotatoire qui est fortement abaissé par l'addition des acides.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les congruences dont les deux surfaces focales sont des quadriques.* Note de M. C. **Guichard.**

Suivant la notation habituelle, je désigne par *faisceau ponctuel* (Q_1, Q_2) l'ensemble des quadriques qui passent par l'intersection des quadriques Q_1 et Q_2, et par *faisceau tangentiel* (Q_1, Q_2) l'ensemble des quadriques inscrites dans la développable circonscrite à Q_1 et à Q_2.

Cela posé, soit (G) une congruence qui a pour focales les quadriques Q_1 et Q_2; une droite G de cette congruence touche Q_1 en A et Q_2 en B ; on sait que A décrit un réseau ; la tangente, autre que G au réseau A, est la polaire réciproque de G par rapport à Q_1. Il en résulte que cette seconde tangente touche une quadrique qui est la polaire réciproque de Q_2 par rapport à Q_1. On voit que nous sommes ici dans un cas où l'on peut *poursuivre indéfiniment l'application de la méthode de Laplace.*

Soient R une quadrique du faisceau tangentiel (Q_1, Q_2), *r* un point d'intersection de R et de G ; le point *r* décrit un réseau conjugué à la congruence (G) (théorème de Ribeaucour) ; le réseau *r* étant tracé sur une quadrique est O, 2O ou 3O ; on en déduit des propriétés de la congruence (G); on a les résultats suivants :

Si R *est une sphère,* (G) *est* 2O.
Si R *est une quadrique de révolution,* (G) *est* 3O.
Si R *est une quadrique quelconque,* (G) *est* 4O.

Il est clair d'ailleurs que la congruence (G) possède à la fois plusieurs de ces propriétés.

Soient maintenant S une quadrique du faisceau ponctuel (Q_1, Q_2), *s* l'un des points de contact d'un plan tangent à S mené par la droite G ; *s* décrira un réseau harmonique à la congruence G (théorème corrélatif du théorème

de Ribeaucour); s étant O, 2O ou 3O, la congruence (G) est C, 2C ou 3C. On a les résultats suivants :

Si S *est une sphère,* (G) *est* C.

Si S *est une surface de révolution,* (G) *est* 2C; *le paramètre complémentaire ne diffère que par un facteur constant d'un paramètre de la droite* G.

Si S *est une quadrique quelconque,* (G) *est* 3C ; *les deux paramètres complémentaires sont égaux à des facteurs constants près à deux des paramètres de la droite* G.

Ici encore, plusieurs de ces propriétés existent simultanément.

Il importe d'examiner le cas où le faisceau tangentiel (Q_1, Q_2) comprend une conique C rejetée à l'infini. Les plans focaux de (G) sont conjugués par rapport à cette conique. Or, si l'on considère un réseau tracé sur une quadrique, les tangentes à ce réseau coupent le plan de l'infini en des points qui sont conjugués par rapport à la conique Γ, intersection de la quadrique et du plan à l'infini. La congruence qui correspond à ce réseau par orthogonalité des éléments aura ses plans focaux conjugués par rapport à la conique polaire réciproque de Γ par rapport au cercle à l'infini. Donc :

Si la conique C *est bitangente au cercle à l'infini, la congruence* (G) *correspond par orthogonalité des éléments à un réseau d'une quadrique de révolution.*

Si la conique C *est quelconque, la congruence* (G) *correspond par orthogonalité des éléments à un réseau d'une quadrique.*

Il suffit maintenant de combiner ces résultats avec ceux que j'ai donnés sur les systèmes qui appartiennent, à la fois, aux types O et C pour en déduire des applications. Je me borne aux exemples suivants :

I. Q_1 *et* Q_2 *sont deux quadriques de révolution homofocales ayant un centre.*

Tout d'abord la congruence (G) est O ; d'autre part, dans le faisceau ponctuel (Q_1, Q_2) il y a une sphère ; par conséquent (G) est C. D'où le résultat suivant :

Les surfaces dont les deux nappes de la surface des centres sont des quadriques de révolution à centre ont même représentation sphérique de leurs lignes de courbure que les surfaces à courbure totale constante.

Les surfaces à courbure totale constante qu'on obtient ainsi sont des hélicoïdes.

II. Q_1 *et* Q_2 *sont des quadriques homofocales.*

Tout d'abord la congruence (G) est O; dans le faisceau ponctuel (Q_1, Q_2) il y a trois quadriques de révolution, ayant pour axes les axes des quadriques données; il en résulte que (G) est 2C de trois manières différentes. Il est facile d'en déduire des surfaces isothermiques. Désignons par α_1, α_2, α_3 les cosinus directeurs de la droite G, les axes de coordonnées étant les axes de Q_1 et Q_2. La congruence (G) est 2C; le paramètre complémentaire sera, en choisissant la surface de révolution qui a pour axe le premier axe de coordonnée, $p\alpha_1$, p étant une constante qui dépend des quadriques Q_1 et Q_2.

Il en résulte que la droite G', dont les paramètres de direction sont

$$\sqrt{1+p^2}\alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \alpha_3,$$

décrit une congruence C; cette congruence est 2O, les paramètres complémentaires étant $ip\alpha_1$ et i; d'après la théorie générale des systèmes C, 2O, le point qui a pour coordonnées

$$x_1 = \frac{\sqrt{1+p^2}\,\alpha_1}{1+ip\alpha_1}, \qquad x_2 = \frac{\alpha_2}{1+ip\alpha_1}, \qquad x_3 = \frac{\alpha_3}{1+ip\alpha_1}$$

décrit sur la sphère un réseau O qui est la représentation sphérique de surfaces isothermiques.

Soient maintenant Q l'une des trois quadriques de révolution, M le point de contact d'un plan tangent à Q mené par la droite G; le point M décrit un réseau C; on connaît de plus une congruence O harmonique à ce réseau, c'est (G); on pourra donc, à l'aide de quadratures seulement, trouver le réseau applicable M'. De cette surface M' on déduit très facilement [*Sur la déformation des quadriques de révolution* (*Comptes rendus*, 1899)] des surfaces à courbure totale constante. Les surfaces ainsi obtenues sont bien distinctes de celles de M. Dobriner. En effet, d'après le mode de formation de ces surfaces, on voit que, si l'on considère le réseau formé par les lignes de courbure, on pourra poursuivre indéfiniment sur ce réseau l'application de la méthode de Laplace; celles de M. Dobriner ayant les lignes de courbure d'un système sphérique, on sera arrêté dans l'application de la méthode de Laplace après la seconde ou la troisième opération.

Prenons maintenant une quadrique quelconque Q' du faisceau ponctuel

(Q_1, Q_2). En raisonnant sur Q' comme sur la quadrique Q, on voit qu'on pourra déterminer une surface applicable sur Q'. En résumé :

Si l'on connaît une surface dont les deux surfaces des centres sont des quadriques, on peut en déduire : 1° *des surfaces isothermiques ;* 2° *des surfaces à courbure totale constante ;* 3° *des déformées de quadriques générales.*

III. Q_1 *et* Q_2 *sont des quadriques de révolution ayant le même axe mais des centres distincts.*

Le faisceau ponctuel (Q_1, Q_2) contient une sphère; le faisceau tangentiel (Q_1, Q_2) contient deux sphères S_1 et S_2 ; donc :

La congruence (G) *est* C; *elle est* 2O *de deux manières différentes; chaque point d'intersection de* G *avec l'une des sphères* S_1 *ou* S_2 *décrit un réseau* O *qui est la représentation sphérique de surfaces isothermiques.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Caisse des recherches scientifiques, année 1908 : *Rapport annuel,* adressé au Président de la République française, par M. Paul Dislère.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome XXXIV (2e série) des *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences* est en distribution au Secrétariat.

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclipse totale de Lune du* 3 *juin* 1909 *observée à Marseille par MM. Borrelly et Coggia.* Note de M. **H. Bourget**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie les observations faites, à l'Observatoire de Marseille, par M. Borrelly au chercheur de comètes et par M. Coggia à l'équatorial Eichens, durant l'éclipse totale de Lune du 3 juin.

Le ciel, couvert toute la journée, s'est dégagé le soir vers $11^h 30^m$.

M. Borrelly :

Entrée de la Lune dans l'ombre à $12^h 5^m 1^s$.

L'ombre atteint Tycho à $12^h 23^m 32^s$ et l'éclipse complètement à $12^h 24^m 58^s$.

L'ombre atteint Aristarque à $12^h 32^m 33^s$ mais il continue à rester visible dans l'ombre.

L'ombre atteint Copernic à $12^h 34^m 8^s$ et l'éclipse complètement à $12^h 35^m 28^s$.

La totalité commence à $13^h 19^m 41^s$ et prend fin à $14^h 21^m 11^s$.

M. Coggia :

Entrée de la Lune dans l'ombre à $12^h 4^m 47^s$.

L'ombre atteint Platon à $13^h 0^m 21^s$.

La totalité commence à $13^h 19^m 35^s$ et se termine à $14^h 20^m 44^s$.

Ces heures sont exprimées en temps moyen de Marseille.

Des nuages ont empêché d'observer la sortie de l'ombre.

M. Borrelly a noté l'intensité exceptionnelle de la pénombre au début de l'éclipse et comme des bavures dans le bourrelet grisâtre de l'ombre, bavures donnant un aspect sinueux au front de l'ombre. La Lune lui a paru rose dans la lunette et rouge à l'œil nu, durant toute la totalité de l'éclipse. Beaucoup de cirques étaient visibles malgré l'ombre.

M. Coggia a observé qu'à l'approche de la ligne d'ombre, à $12^h 45^m$, Platon a pris une teinte rougeâtre de plus en plus accentuée jusqu'à donner à $12^h 50^m$ l'impression d'une masse de charbon en ignition, cette coloration diminuant graduellement et tournant au brun verdâtre par le violacé. Durant la totalité et assez longtemps après, la Lune lui a présenté une teinte rouge brique intense.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces telles que les courbures géodésiques des lignes de courbure soient respectivement fonctions des courbures principales correspondantes.* Note de M. A. **Demoulin**.

Nous conserverons dans cette Communication toutes les notations de nos Notes des 28 septembre, 19 octobre et 21 décembre 1908, mais, pour plus de clarté, nous commencerons par les rappeler.

Soient, en un point M d'une surface (M) rapportée au réseau (u, v) de ses lignes de courbure, C et C′ les centres de courbure principaux ; C correspond à la ligne (M_v) (c'est-à-dire à la ligne décrite par M lorsque u varie

seul) et C′ correspond à la ligne (M_u). Soient en outre G et G′ les centres de courbure géodésique des lignes (M_v), (M_u), et O, O′ les centres des sphères osculatrices des mêmes lignes. Le plan osculateur ω de (C_u) touche en O la surface (O) et le plan osculateur ω' de (C'_v) touche en O′ la surface (O′).

Nous nous proposons d'étudier les surfaces telles que les plans ω' et ω passent respectivement par les points O et O′. Pour ces surfaces, la droite OO′ engendre, en général, une congruence de normales.

Pour que le plan ω' passe par O, il faut et il suffit que les courbures normale et géodésique de (M_v) soient fonctions l'une de l'autre ; pareillement, pour que le plan ω passe par O′, il faut et il suffit que les courbures normale et géodésique de (M_u) soient fonctions l'une de l'autre.

Attachons à la surface (M) le trièdre $Mxyz$ dont les arêtes Mx, My, Mz sont respectivement la tangente à (M_v), la tangente à (M_u) et la normale à la surface. Si l'on conserve toutes les notations de M. Darboux (*Leçons*, 2[e] Partie) et qu'on désigne en outre par φ et θ les courbures principales, la double condition ci-dessus se traduit par les relations

$$q = -A\varphi, \qquad r = Af(\varphi), \qquad p_1 = C\theta, \qquad r_1 = C\psi(\theta),$$

dans lesquelles $f(\varphi)$ et $\psi(\theta)$ sont des fonctions inconnues. En joignant à ces relations les cinq formules de Codazzi, on obtiendra un système de neuf équations aux huit inconnues A, C, q, p_1, r, r_1, φ, θ. Ce système peut être remplacé par le suivant :

$$(1) \quad \begin{cases} A = \dfrac{\theta'_u}{\psi(\theta)(\varphi-\theta)}, & q = \dfrac{-\varphi\theta'_u}{\psi(\theta)(\varphi-\theta)}, & r = \dfrac{f(\varphi)\theta'_u}{\psi(\theta)(\varphi-\theta)}, \\ C = \dfrac{\varphi'_v}{f(\varphi)(\varphi-\theta)}, & p_1 = \dfrac{\theta\varphi'_v}{f(\varphi)(\varphi-\theta)}, & r_1 = \dfrac{\psi(\theta)\varphi'_v}{f(\varphi)(\varphi-\theta)}, \end{cases}$$

$$(2) \quad \overline{f(\varphi)}^2 + \overline{\psi(\theta)}^2 - [f(\varphi)f'(\varphi) - \psi(\theta)\psi'(\theta)](\varphi-\theta) + \varphi\theta = 0,$$

$$(3) \quad \frac{\varphi''_{uv}}{\varphi'_u\varphi'_v} = \frac{f'(\varphi)}{f(\varphi)} + \frac{1}{\varphi-\theta}, \qquad \frac{\theta''_{uv}}{\theta'_u\theta'_v} = \frac{\psi'(\theta)}{\psi(\theta)} - \frac{1}{\varphi-\theta}.$$

Lorsqu'on aura satisfait au système des équations (2) et (3), les équations donneront les translations et rotations du trièdre et, par suite, la surface.

Occupons-nous d'abord de l'équation (2). Deux cas peuvent se présenter. Ou bien cette équation établit une relation entre φ et θ, ou bien elle est identiquement vérifiée.

Dans le premier cas, la surface est nécessairement un hélicoïde. On reconnaît ensuite que tous les hélicoïdes répondent à la question.

Pour que l'équation (2) soit identiquement vérifiée, il faut et il suffit qu'on ait

$$\overline{f(\varphi)}^2 = a\varphi^2 + 2b\varphi + c, \qquad \overline{\psi(\theta)}^2 = -(a+1)\theta^2 - 2b\theta - c,$$

a, b, c désignant des constantes arbitraires. Les surfaces qui correspondent à cette hypothèse seront désignées par la lettre A ([1]).

Il reste à intégrer le système (3). Dans le cas où la surface n'est pas une hélicoïde, on peut le remplacer par le suivant :

$$\varphi'_u \theta'_u = \varphi'_v \theta'_v = f(\varphi)\psi(\theta)(\varphi - \theta).$$

On est conduit à ce système lorsqu'on veut *habiller*, au sens de Tchebychef, une surface dont le ds^2 est $d\varphi d\theta : f(\varphi)\psi(\theta)(\varphi - \theta)$. On sait que ce problème dépend d'une équation aux dérivées partielles du second ordre.

Dans l'étude des surfaces A, nous supposerons d'abord $\delta\delta' \neq 0$. Occupons-nous de leur représentation sphérique. Soit P l'image du point M sur une sphère (S) de rayon *un*. Désignons par Q et Q' les centres de courbure géodésique des lignes (P_v) et (P_u). La tangente t à la ligne (Q_u) touche une sphère (Σ) concentrique à (S) et de rayon égal à $\sqrt{\frac{\delta'}{\delta}}$. Pareillement, la tangente t' à la ligne (Q'_v) touche une sphère (Σ') concentrique à (S) et de rayon égal à $\sqrt{\frac{\delta}{\delta'}}$. Les surfaces (Q) et (Q') sont polaires réciproques par rapport à la sphère (S). Les tangentes t et t' sont conjuguées par rapport à cette sphère ; par suite les points de contact de ces droites avec les sphères (Σ) et (Σ') sont inverses par rapport à la sphère (S). Le diamètre de (S) qui passe par ces points est parallèle à la droite OO'.

On voit que le problème de la détermination du réseau (P) revient au suivant : *Trouver une surface* (Q) *possédant un réseau conjugué dont les tangentes touchent deux sphères concentriques* (S) *et* (Σ).

Lorsque $c = 0$, les sphères (Σ), (Σ') coïncident avec la sphère (S) et les surfaces (Q), (Q') sont des surfaces minima non-euclidiennes.

Supposons $c \neq 0$. Si l'on prend pour $\frac{\delta}{\delta'}$ une racine primitive de l'équation $x^k = 1$, le réseau (P) se reproduira après $4k$ transformations de Laplace.

Le réseau conjugué (u, v) tracé sur (C) se reproduit après quatre transformations de Laplace. C'est le seul réseau conjugué, dont une des familles est composée de géodésiques, qui jouisse de cette propriété.

Les tangentes aux courbes (G_u) et (G'_v) coupent sous des angles droits

---

([1]) Posons $\delta = b^2 - ac$, $\delta' = b^2 - (a+1)c$. Si $\delta\delta'$ est $\neq 0$, les droites CG, C'G', dans leur mouvement par rapport au trièdre $Mxyz$, enveloppent deux coniques, focales l'une de l'autre. Ce sont les coniques (Γ) et (Γ') (*voir* notre Note du 28 septembre 1908) relatives à la congruence engendrée par la droite OO'.

la droite OO′ en N et N′. Le segment NN′ est constant et égal à $b : \sqrt{\delta\delta'}$. Les surfaces (N) et (N′) sont normales à la droite OO′. Les centres de courbure géodésique des lignes de courbure de (N′) en N′ sont le point G′ et un point G_1 situé sur CG. Les centres de courbure géodésique de (N) en N sont le point G et un point G'_1 situé sur C′G′.

Si l'on applique au réseau (M) quatre fois la transformation de Laplace dans le sens où u varie, on obtiendra une ligne $MG'N'G_1M_1$. Le point M_1 est sur Mz, à une distance $\frac{b}{\delta}$ de M; le réseau (M_1) est donc orthogonal. Si $b = 0$, le réseau (M) se reproduit après quatre transformations de Laplace, propriété qui le caractérise.

Plus généralement, si l'on applique au réseau (M) $4k$ transformations de Laplace, on obtiendra une ligne brisée dont l'extrémité M_k sera située sur Mz, et l'on aura

$$MM_k = \frac{b}{\delta^k}(\delta^{k-1} + \delta^{k-2}\delta' + \ldots + \delta\delta'^{k-2} + \delta'^{k-1}).$$

Lorsque $c = 0$, la valeur de MM_k se réduit à $-\frac{k}{b}$. Lorsque c est $\neq 0$, si l'on prend pour $\frac{\delta}{\delta'}$ une racine primitive de l'équation $x^k = 1$, le réseau (M) se reproduira après $4k$ transformations.

Signalons les relations

$$\overline{GN}^2 - \overline{GM}^2 = \frac{a}{\delta}, \qquad \overline{G'N'}^2 - \overline{G'M'}^2 = -\frac{a+1}{\delta'}.$$

Nous réunirons dans une même classe toutes les surfaces A pour lesquelles les constantes a, b, c ont les mêmes valeurs. Si l'on porte sur les normales d'une surface A appartenant à la classe (a, b, c) des segments MM_1 égaux à h, la surface (M_1) sera une surface A appartenant à la classe (a_1, b_1, c_1) définie par les égalités

$$a_1 = a + 2bh + ch^2, \qquad b_1 = b + ch, \qquad c_1 = c.$$

On peut attacher au point M_1 une figure $MG'_1N'_1N_1G_1$ analogue à la figure MG′N′NG. Les surfaces (N_1) et (N'_1) sont normales à la droite OO′; comme elles dépendent de l'arbitraire h, on obtient sans intégration toutes les surfaces normales aux droites OO′.

Si c est $\neq 0$, on pourra disposer de h de manière à annuler b_1; alors, d'après ce qu'on a vu plus haut, le réseau (M_1) se reproduira après quatre transformations de Laplace.

Lorsque c est $\neq 0$, il y a deux valeurs de h pour lesquelles a_1 est nul. Soient, pour les surfaces (M_1), (M_2) correspondantes, $M_1G'_1N'_1N_1G_1$, $M_2G'_2N'_2N_2G_2$ les figures analogues à MG′N′NG. On a $G_1M_1 = G_1N_1$, $G_2M_2 = G_2N_2$. La division (G_1, G_2, O, C) est harmonique; par suite, les réseaux conjugués parallèles (G_1), (G_2) sont à invariants

égaux [1]. Si $c = 0$, un des points G_1, G_2 est rejeté à l'infini et la droite OC engendre une congruence de Ribaucour.

Il reste à examiner l'hypothèse $\delta\delta' = 0$. Nous nous bornerons ici à indiquer le cas particulier suivant. Parmi les surfaces cherchées, figurent celles dont les lignes de courbure sont planes, ces lignes étant telles que les plans des cercles qui en sont les images sphériques passent par deux droites isotropes [2]. La détermination de ces surfaces peut être effectuée complètement; elle fournit la solution du problème de l'*habillage* des surfaces admettant le ds^2 de révolution $\dfrac{d\varphi\, d\theta}{(\varphi - \theta)}$.

Outre les surfaces à lignes de courbure planes qui viennent d'être signalées, il existe d'autres surfaces jouissant de la même propriété et que laisse également de côté la théorie classique : ce sont celles dont les lignes de courbure d'un système ont pour images des cercles dont les plans passent par une droite isotrope, le plan de cette droite et du centre de la sphère sur laquelle se fait la représentation sphérique n'étant pas isotrope.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur une généralisation de la géométrie des cyclides.* Note de M. B. **Hostinsky**.

On sait que la transformation T, découverte par Lie, qui change droites en sphères, fait correspondre les sphères de rayon nul aux droites d'un certain complexe linéaire (C). Une surface de Kummer qui coïncide avec sa polaire réciproque par rapport à (C) devient ainsi une cyclide générale.

Il n'est pas sans intérêt de rechercher les surfaces (Σ) qui correspondent, par la transformation T, aux surfaces de Kummer quelconques. Je vais indiquer, dans cette Note, une définition directe des surfaces (Σ) et leurs propriétés principales.

Soient

$$P(x, y, z) = 0, \qquad Q(x, y, z) = 0 \qquad \text{et} \qquad S(x, y, z) = 0$$

les équations d'un plan (P), d'une quadrique (Q) et d'une sphère (S) de

---

(1) Cette propriété résulte aussi du théorème suivant : *Soient* F *et* F' *les seconds foyers des tangentes d'un réseau conjugué* (M). *Si* MF = MF' *et si les deux réseaux déduits de* (M) *par l'application de la transformation de Laplace dans les deux sens sont orthogonaux, le réseau* (M) *est à invariants égaux*. J'ajoute que dans ce cas, et dans ce cas seulement, la conique de M. Darboux est un cercle.

(2) Celles de ces surfaces dont toutes les lignes de courbure sont circulaires ont chacune pour développée les sections faites dans un cône isotrope par deux plans isotropes parallèles.

rayon R ayant pour centre le point C. L'équation

$$P^2 S = Q^2 \tag{1}$$

représente une surface du quatrième degré (D); la sphère (S) est inscrite dans (D). Il y a, d'après un théorème bien connu, cinq cônes du second degré doublement circonscrits à (D).

Une surface (Σ) *générale est l'enveloppe des sphères ayant leur centre sur* (D) *et coupant sous un angle constant* φ *une sphère fixe* (K) *qui est concentrique avec* (S) *et dont le rayon* r *est lié avec* φ *par la relation*

$$r \sin\varphi = R. \tag{2}$$

Appelons, dans un tel mode de génération, *surface des centres* la surface (D) et *sphère directrice* la sphère (K).

Une surface (Σ) *admet six séries distinctes de sphères bitangentes. Le centre de la sphère directrice, relative à un quelconque mode de génération, est le sommet de cinq cônes homofocaux du second degré doublement circonscrits aux cinq surfaces des centres relatives aux cinq autres modes de génération.*

En désignant par ψ l'angle de deux sphères directrices et par φ, φ' les deux angles constants relatifs aux modes de génération correspondants, on a toujours

$$\cos\psi = \cos\varphi \cos\varphi'.$$

L'équation générale des surfaces (Σ) *contient* 18 *constantes arbitraires.*

En effet, pour déterminer (Σ), il faut donner la surface (D) dont l'équation (1) renferme 17 constantes arbitraires, et le choix de r et de φ n'introduit qu'une constante, en vertu de la relation (2).

Un même système de six surfaces des centres correspond à une série des surfaces (Σ) parallèles [1], car, la surface (D) étant fixe, deux solutions de l'équation (2) en r et φ définissent deux surfaces (Σ) telles qu'en ajoutant aux rayons des sphères bitangentes à la première une constante convenable, on obtient les sphères bitangentes à la seconde.

En faisant $\varphi = \frac{\pi}{2}$ et $r = R$, on obtient une surface du vingt-quatrième

(1) L'enveloppe des sphères d'un rayon constant dont les centres décrivent (Σ) se décompose en deux surfaces (Σ) distinctes. Cette décomposition n'a pas lieu, si la surface primitive se réduit à une cyclide générale ; ici l'enveloppe est formée par une surface (Σ) unique.

degré anallagmatique par rapport à la sphère (S) inscrite dans la déférente (D) correspondante.

Supposons maintenant que r décroisse indéfiniment, (D) étant invariable et φ variant toujours suivant la relation (2). La suite des surfaces (Σ) correspondantes, parallèles à la primitive, admettra une surface limite (Σ') qui est elle-même parallèle à la primitive. Une inversion, ayant le pôle dans le centre (C) de la sphère (S), change la série des sphères bitangentes à (Σ') dont les centres sont sur (D) en sphères d'un rayon constant ayant leur centre sur une cyclide. L'enveloppe de ces sphères se ramène donc à une cyclide par une dilatation convenablement choisie. On voit comment une surface (Σ) générale peut être dérivée d'une cyclide. Les sphères de rayon nul ayant leur centre sur une cyclide doivent être considérées comme sphères bitangentes appartenant à un sixième mode de génération, qui ne diffère pas profondément des cinq modes de génération bien connus. La symétrie parfaite entre les six modes de génération devient manifeste dans le cas d'une surface (Σ) générale.

Nous appellerons *transformation de Lie* toute transformation de contact qui change sphères en sphères. On sait qu'une telle transformation est décomposable en dilatations et en transformations conformes et que toutes les transformations de Lie forment un groupe continu à 15 paramètres.

Toute transformation de Lie fait correspondre à une surface (Σ) une autre surface (Σ). Les rapports anharmoniques de six sphères bitangentes qui touchent une surface (Σ) en un point M *ne dépendent pas de la position de* M *sur la surface; ils donnent naissance aux trois invariants absolus de la surface dans toutes les transformations de Lie.*

Pour déterminer le degré de la surface (Σ) générale, on s'appuiera sur les théorèmes suivants (voir un article de M. Roberts dans les *Proceedings of the London Mathematical Society*, vol. IV, p. 218-235).

Le degré d'une surface (A'), enveloppe des sphères d'un rayon constant dont les centres décrivent une surface (A), est le double du nombre de normales que l'on peut mener d'un point à (A). La classe de (A') est le double de la classe de (A).

La surface (Σ) générale est du vingt-quatrième degré et de la vingt-quatrième classe. Elle admet le cercle à l'infini comme ligne multiple d'ordre de multiplicité égal à douze, et d'un point on peut lui mener vingt-quatre normales.

Une dégénérescence particulière de la surface (Σ) conduit à la surface du

douzième degré et de la quatrième classe doublement inscrite dans un cône du second degré et admettant le cercle à l'infini comme ligne double.

Cette surface a été étudiée par Laguerre (*Comptes rendus*, t. XCII, p. 71); MM. Darboux et Humbert (même Recueil, t. XCII, p. 29, et t. CVI, p. 257) ont trouvé des propriétés très intéressantes de ses lignes de courbure.

GÉODÉSIE. — *Sur l'altimétrie du massif Pelvoux-Ecrins.* Note de M. **P. Helbronner**, présentée par M. Michel Lévy.

Quoique les calculs planimétriques et altimétriques de nos réseaux trigonométriques des massifs des Sept Laux, d'Allevard, de la Belle Étoile, des Grandes Rousses, des Arves, de Belledonne, de Taillefer, du Pelvoux-Ecrins, des Cerces et du Haut-Briançonnais soient presque entièrement terminés, il s'écoulera vraisemblablement encore quelque temps avant que la publication complète définitive en puisse voir le jour : d'une part, en effet, s'imposent un classement méthodique des tours d'horizon rayonnant des trois cents sommets stationnés, et une recherche d'une toponymie aussi exacte que possible; d'autre part, les calculs de notre chaîne méridienne de précision et nos campagnes ultérieures de détail en Savoie doivent se poursuivre simultanément.

Étant données les discussions soulevées relativement à quelques cotes célèbres du massif Pelvoux-Ecrins, il nous paraît cependant utile de devancer le moment de la publication définitive pour donner un aperçu des divergences altimétriques mises en lumière vis-à-vis des documents préexistants; aussi bien, le chiffre donnant l'altitude est-il une des caractéristiques que l'usage a fait considérer comme primordiales, dans l'identification d'un sommet.

Nous avons donc été amené à envisager, pour cette région limitée, un enchaînement provisoire plus simple que celui qui nous servira à fixer définitivement l'ensemble des altitudes de tous nos réseaux, en ce sens qu'il ne s'appuie que sur deux groupes de stations de départ de nivellement : un premier, le long de la route de Grenoble à Briançon entre la Grave et le Lautaret et sur la route du Galibier; un second, le long de la même route, aux environs du Bourg-d'Oisans. Nous avons négligé un grand nombre d'autres données qui entreront évidemment toutes dans les résultats définitifs, qui ne les modifieront que fort peu.

Le calcul des cotes provisoires publiées dans cette Note s'est fait de la manière suivante : partant des altitudes trouvées pour le Grand Pic de la Meije et quelques autres sommets de ses environs au moyen du premier groupe des stations de nivellement ci-dessus indiqué (voir notre Communication à l'Académie du 8 avril 1907), nous avons marché vers l'Ouest, à la rencontre des dénivelées basées sur l'altitude de notre signal du sommet de Pied-Montet. Celle-ci a été obtenue par les résultats des observations

de neuf stations aux Repères du Service du Nivellement général de la France dans la plaine du Bourg-d'Oisans.

La moyenne a été prise sur les valeurs suivantes :

Par la station au repère	717,63	2339,9
»	717,23	2340,0
»	731,02	2340,5
»	719,00 (1re)	2340,4
»	722,97	2339,6
»	723,83	2339,6
»	719,00 (2e)	2341,1
»	720,23	2340,7
»	723,56	2340,3
Pied-Montet.	Sommet du Signal	2340,2
Pied-Montet.	Sol	2338,3

La rencontre s'est faite sur notre Signal de la Grande Roche de la Muzelle ; sa cote, donnée par dix valeurs, venant de l'Est (en filiation de l'altitude du Grand Pic de la Meije), est $3473^{m},3$. Cette même cote donnée par les valeurs venant de l'Ouest (en filiation de l'altitude de Pied-Montet), est 3463,6.

Nous obtenons ainsi le long de la crête Est-Ouest séparative des vallées de la Romanche et du Vénéon une *ligne de base d'altitude* qui nous a servi à calculer les cotes données ici.

Sans insister sur quelques détails particuliers, notamment sur la suprématie établie du Pic de l'Ailefroide sur le Pelvoux, qui ne vient ainsi que cinquième cime importante du massif auquel il a longtemps donné son nom, nous ferons trois catégories dans les erreurs d'altitudes de la Carte de l'État-Major :

1° La catégorie comprenant l'erreur systématique affectant les points trigonométriques calculés avec précision par les officiers géodésiens lors des triangulations de la Carte de France ; elle est ici mise en lumière par les cotes du Pelvoux (Pointe Durand), du Grand Pic de La Meije, des Écrins, de Pied-Montet, de La Cucumelle, en plus value générale de 3^{m} à 6^{m}.

2° La catégorie comprenant les petites divergences ou coïncidences accidentelles affectant les points de la Carte, soit trigonométriques, soit qui furent fixés par les officiers topographes et dont un grand nombre d'ailleurs ont été déjà corrigées. Telles sont, par exemple, les cotes du Pic des Agneaux, du Pic de Neige Cordier, de la Muzelle, tantôt trop faibles, tantôt trop fortes.

3° La catégorie comprenant les grandes erreurs, portant en général sur des points topographiques. Telles sont les altitudes insuffisantes des sommets de l'Ailefroide, du Rateau, de la Grande-Ruine, de Roche-Faurio, des

Bans, ou les altitudes trop fortes des sommets des Rouïes, de la Brèche de la Meije, etc.

Elles proviennent probablement de visées d'intersection ne s'appliquant pas en deux stations au même point d'une crête et ayant ainsi créé des points fictifs. Elles justifient la méthode que nous employons dans nos triangulations de stationner toujours les points les plus élevés afin de ne pas être exposé à prendre, dans nos visées d'intersections, des épaulements pour des sommets culminants.

Noms des sommets.	Altitudes de la triangulation P. Helbronner (définitives à quelques centimètres près). Signal H ou cairn.	Sol.	Cotes portées sur la Carte de l'État-Major.
	m	m	m
Sommet de la Barre des Écrins	4100,7	4100,0	4103
Grand Pic de la Meije	3982,5	3982,3	3987
Pic central de la Meije	3974,0	3973,6	»
Sommet de l'Ailefroide	3953,0	3951,6	3925
Pelvoux-Pointe Puiseux	»	3945,2	»
Pelvoux-Pointe Durand	3932,7	3930,0	3938
Pic Salvador Guillemin	»	3913,6	»
Pic Gaspard	3882,7	3882,4	3880
Rateau	»	3809,0	3754
Grande Ruine	3767,0	3765,5	3754
Roche Faurio	3731,6	3730,1	3716
Pic de la Grave	3670,3	3669,3	3673
Sommet des Bans	3669,6	3668,5	3651
Pic des Agneaux	3664,6	3663,2	3660
Pic de Neige Cordier	3614,2	3613,2	3615
Aiguille du Plat de la Selle	3596,6	3595,8	3602
Sommet des Rouïes	3590,4	3588,7	3634
Grande Roche de la Muzelle	3463,4	3461,1	3459
Sirac	3440,0	3438,6	3438
Grande Aiguille de la Bérarde	3418,7	3416,9	3422
Aiguille des Arias	3401,0	3399,5	3401
Brèche de la Meije	3358,8	3358,0	3369
Aiguille du Canard	3267,6	3266,3	3270
Roche du Grand Galibier	3230,7	3229,2	3201 (1)
Pic de Combeynot central	3157,0	3154,9	»
Grand Aréa	2871,4	2868,2	2868
Aiguillette du Lauzet	2718,3	2716,3	»
Sommet de la Cucumelle	2698,6	2696,6	2703
Tête de la Maye	2518,3	2516,3	»
Pied-Montet	2340,2	2338,3	2344

(1) Une avant-dernière édition de la Carte de l'État-Major portait 3242m. La dernière porte 3201m.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une représentation physique des fonctions thêta.* Note de M. **H. Larose**, présentée par M. Poincaré.

Considérons les deux suites de solutions particulières périodiques de l'équation de la diffusion linéaire de la chaleur, construites dans les deux sens respectivement à partir de $\vartheta_3(v)$ et de $\vartheta_2(v)$; quatre fonctions consécutives de l'une ou l'autre des deux suites représenteront, à un facteur numérique près positif, la quantité d'électricité qui a traversé la section v de o à t, le potentiel, le courant de conduction, le courant de charge ou de déplacement dans un câble limité; l'inertie électromagnétique est négligée; le câble est à l'état neutre en $t = 0$; la rupture existe au départ $v = 0$ à partir de $t = 0$ pour $\vartheta_3^{(1)}$ et $\vartheta_2^{(1)}$; à l'arrivée $v = \frac{1}{2}$, $\vartheta_3^{(1)}$ et ϑ_2 sont nuls quel que soit t; les réflexions aux extrémités o, $\frac{1}{2}$, sont respectivement pour $\vartheta_3^{(1)}$ et $\vartheta_2^{(1)}$ $(-, -)$, $(-, +)$; il n'y a pas d'absorption, l'influence perturbatrice des appareils est négligée; lorsqu'on passe d'une fonction à la suivante de la même suite, les réflexions aux extrémités changent toutes les deux de signe. De là, deux Tableaux A et A′ de quatre distributions simples d'électricité analytiquement possibles sur un câble limité dont l'interprétation est immédiate : les conditions initiale et au départ sont celles du tableau donné précédemment pour le câble illimité ([1]), $\frac{1}{2}\mathcal{E}\frac{x}{2\sqrt{kt}}$ étant remplacé par $\vartheta_3^{(1)}$ dans A, par $\vartheta_2^{(1)}$ dans A′; à l'arrivée, le câble est isolé dans les distributions 1 et 3, à la terre dans les distributions 2 et 4 de A, à la terre dans 1′ et 3′, isolé dans 2′ et 4′ de A′.

En particulier, nous aurons comme fonctions de courant à l'arrivée : $\vartheta_3\left(\frac{1}{2}\right)$ pour représenter le courant dans 2 (transmission et réception directes) ou le potentiel dans 3 (charge instantanée au départ, réception sur électromètre); $\left(-\frac{\partial\vartheta_2}{\partial v}\right)_{v=\frac{1}{2}}$ pour le courant de charge dans 2′ (transmission directe, réception sur condensateur), ou le courant de conduction dans 3′ (transmission sur condensateur, réception directe); $\left(\frac{\partial^2\vartheta_3}{\partial v^2}\right)_{v=\frac{1}{2}}$ pour le courant de charge dans 3 (transmission et réception sur condensateurs, ou du courant de conduction dans 4 (ébranlement élémentaire de potentiel ou courbe limite de la lettre *e* dans 2).

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 22 mars 1909.

La première et la troisième courbe ont été données en 1855 par Lord Kelvin, la troisième comme celle du courant dans 4; en 1874 (*Philosophical Magazine*), Ol. Heaviside a en outre donné la troisième comme celle du courant de charge dans 3, expliquant ainsi le grand avantage de la transmission et réception sur petits condensateurs pour les longs câbles.

Les fonctions des deux suites considérées se présentent sous la forme de séries en $h = e^{-\pi^2 \frac{t}{\theta}}$, θ étant la constante de temps du câble; elles sont susceptibles de développements en $h' = e^{-\frac{\theta}{t}}$, avantageux pour le calcul numérique lorsque $\frac{t}{\theta}$ est petit [1]; chaque terme de la série en h' a une signification physique bien déterminée soit qu'on le considère comme une onde émise par une source fictive, soit comme une onde émise par la source réelle et ayant subi m réflexions, avec superposition instantanée, la vitesse de propagation étant infinie (self nulle); en prolongeant la ligne à l'infini dans les deux sens par la méthode des images, on obtient les développements h' dont l'équivalence avec les développements en h se trouve ainsi mis physiquement en évidence.

Nous aurons pour les fonctions de courant à l'arrivée φ_1, φ_2, φ_3 correspondant à F_1, F_2, F_3 (fonctions de courant pour la ligne illimitée à la distance de l'origine $x = \sqrt{\theta}$), les doubles expressions

$$\varphi_1 = \mathfrak{S}_3\left(\frac{1}{2}\right) = 1 + 2\sum_{m=1}^{\infty}(-1)^m h^{m^2} = F_1 \sum_{m=1}^{\infty} h'^{m(m-1)},$$

$$\varphi_2 = \left(\frac{\pi e}{6}\right)^{\frac{3}{2}} h^{\frac{1}{4}} \sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m(2m+1)h^{m(m+1)} = F_2 \sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m(2m+1)h'^{m(m+1)},$$

$$\varphi_3 = \frac{10}{3}(1 - 0,045)\sum_{m=1}^{\infty}(-1)^{m+1} m^2 h^{m^2} = F_3\left[1 + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(2m+1)\log_e \frac{1}{h'} - 2}{\log_e \frac{1}{h'} - 2} h'^{m(m+1)}\right],$$

les termes des développements en h' ont été groupés deux par deux et les coefficients numériques choisis pour rendre le maximum de F_2 et celui de F_3 égaux à 1. F_{n+1} est proportionnel à

$$\frac{e^{-\frac{\theta}{4t}}}{t^{n+\frac{1}{2}}}\chi_n(\sqrt{\theta}, -t) = \frac{e^{-\frac{\theta}{4t}}}{t^{n+\frac{1}{2}}}\varphi_n(t),$$

$\chi_n(x, t)$ étant le coefficient de z^n dans le développement de e^{zx+z^2t}; les po-

(1) Cf. HALPHEN, *Fonctions elliptiques*, t. I. — POINCARÉ, *Propagation de la chaleur*, Chap. V.

lynomes φ en t (φ_{2n}, φ_{2n+1} de degré n) ont toutes leurs racines réelles et positives; entre deux racines consécutives de φ_n il y a une racine et une seule de φ_{n-1} et φ_{n-2}; entre une racine de φ_{n-2} et la racine immédiatement inférieure de φ_{n-1}, il n'y a pas de racine de φ_n; $\frac{\theta}{n(n-1)}$ est une limite inférieure des racines de φ_n; $\frac{n}{4}\theta$ (n pair), $\frac{n-1}{12}\theta$ (n impair) une limite supérieure; le calcul des racines se fera de proche en proche sans difficulté, les racines de φ_{n+2} donneront les maxima et minima de F_{n+1}, les points d'inflexion de F_{n-1}; pour les petites valeurs de t, les F coïncident approximativement avec les φ, le calcul de quelques points suffira pour achever la construction des courbes φ [1].

PHYSIQUE. — *Étalonnement des condensateurs*. Note de M. **Devaux-Charbonnel**, présentée par M. H. Poincaré.

Il est très utile de pouvoir mesurer avec précision une capacité. Cette détermination présente un intérêt considérable pour l'étude et le réglage des communications de télégraphie et de téléphonie avec fils et surtout sans fils. Aussi croyons-nous bon d'attirer l'attention sur les résultats que nous avons obtenus au moyen d'une méthode dont le principe est bien connu, mais qui ne paraît pas être appréciée autant qu'elle le mérite.

Si l'on décharge n fois par seconde une capacité C, chargée par une pile E, dans un galvanomètre, on constate le passage d'un courant

$$I = nCE.$$

On peut d'ailleurs reproduire le même courant au moyen de la même pile et d'une boîte de résistance R :

$$I = \frac{E}{R}.$$

On en déduit immédiatement la valeur de la capacité

$$C = \frac{1}{nR}.$$

Pour opérer ces décharges successives nous avons eu recours à l'électrodiapason. Une lamelle de platine, fixée à une des branches, oscille entre

---

(1) Voir Larose, *Sur l'état actuel de la télégraphie sous-marine*, Gauthier-Villars, 1909.

deux butoirs et à chaque oscillation charge le condensateur et le décharge dans le galvanomètre. En même temps un style inscrit sur un cylindre enduit de noir de fumée les vibrations du diapason en regard des contacts d'un pendule électrique battant la seconde.

Avec ce dispositif on peut, sans aucune difficulté, atteindre une précision remarquable. On apprécie sur le cylindre une fraction de millième de seconde; la résistance se mesure avec une grande exactitude et la capacité est déterminée très facilement à $\frac{1}{1000}$ près de sa valeur, ce qui est plus que suffisant pour les besoins de la pratique.

Voici, à titre d'exemple, les résultats obtenus dans une série de déterminations faites avec un diapason donnant 100 oscillations par seconde :

R.	n.	nR.	C.
ω			φ
9867	100,30	$989,6 \times 10^3$	1,0105
9887	100,07	989,4	1,0107
9834	100,58	989,1	1,0110
9766	101,34	989,5	1,0106
9800	100,82	988,0	1,0121
9780	100,98	987,8	1,0123

La moyenne est 1φ,0112 et est certainement exacte à $\frac{1}{1000}$ près.

Le condensateur mesuré est un condensateur étalon au mica. A 500 périodes sa capacité a été trouvée un peu plus faible, 1φ,0105. Ces chiffres ne sont pas conformes à l'opinion généralement admise que les condensateurs au mica ont une capacité qui ne varie pas avec la fréquence. La capacité paraît en effet varier peu, si peu que le fait a pu passer inaperçu, avec des méthodes de mesure insuffisamment rigoureuses; mais elle ne paraît pas absolument indépendante de la fréquence.

Dans les mêmes conditions, un condensateur à air nous a donné un chiffre toujours invariable

$$3,271 \times 10^{-9} \text{ microfarad.}$$

Il semble donc que la méthode que nous rappelons soit susceptible de déterminer avec une grande précision des capacités même très faibles, celle d'une antenne, d'un fil quelconque de quelques mètres de longueur, etc. Elle est très sensible et n'exige que des fils de faible force électromotrice, 1 à 10 volts tout au plus.

La connaissance très exacte de capacités nous a permis de vérifier l'étalonnement de self-inductions variables dont la construction avait été particulièrement soignée. En équilibrant, dans un dispositif de pont à téléphone, la self au moyen d'un condensateur shunté par une résistance, nous avons pu découvrir que la graduation de cette self présentait une erreur constante de $\frac{6}{10000}$ d'henry.

Il semble donc qu'avec la possibilité de mesurer une capacité de façon précise, on ait en même temps un moyen commode d'étalonner une self-induction. C'est pourquoi nous avons cru utile de signaler les services que peut rendre un électro-diapason dans l'étude des questions de cette nature.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure absolue d'une résistance électrique en unités électrostatiques.* Note (¹) de M. **Hurmuzescu**, présentée par M. Lippmann.

Le principe de cette méthode en est le suivant : décharger un condensateur électrisé, ayant une charge $Q = CV$, de Q_1 à Q_2, à travers une résistance R; pendant ce temps, diminuer sa capacité de C_1 à C_2, de sorte que le potentiel V reste constant,

$$dQ = V\,dC.$$

Soit I le courant constant ainsi formé; en appliquant la loi d'Ohm, on a

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{V}{R}.$$

De ces deux relations on tire la valeur de

$$R = \frac{i}{\frac{dC}{dt}}.$$

On peut donc obtenir directement la valeur de R de tout système, dans lequel on puisse mesurer la variation de la capacité par rapport au temps, ou la mesure de $\frac{dC}{dt}$.

Un système pratique qui se prête très bien à l'expérience, c'est un condensateur cylindrique formé par deux cylindres circulaires concentriques. Soient : le cylindre intérieur c isolé et chargé, le cylindre extérieur C en communication avec le sol et pouvant se déplacer suivant la direction de l'axe commun; la capacité d'un tel système, pour une longueur l commune des deux cylindres, est

$$C = \frac{1}{2 \log \frac{D}{d}},$$

(¹) Présentée dans la séance du 1er juin 1909.

D et d étant les rayons respectifs des cylindres : D, le rayon du cercle intérieur du cylindre extérieur; d, celui du cercle extérieur du cylindre intérieur.

Si, par un déplacement relatif des cylindres suivant l'axe commun, on fait varier de dl la longueur commune, la capacité aura varié de

$$dC = \frac{dl}{2 \log \frac{D}{d}}.$$

En introduisant cette valeur dans l'expression de R, on a la relation suivante .

$$R = \frac{2 \log \frac{D}{d}}{\frac{dl}{dt}}.$$

Il faut que l'influence des bouts libres des cylindres ne change pas d'une manière appréciable pendant le déplacement, et que l'isolation électrique de l'appareil soit assez bien faite pour que la déperdition spontanée, pendant le temps dt, devienne négligeable; la mesure de R se réduit à l'inverse d'une vitesse $\frac{l}{\frac{dl}{dt}}$, $\log \frac{D}{d}$ étant sans dimensions.

On réalise expérimentalement cette méthode de la manière suivante :

Un cylindre circulaire en tube de laiton c, disposé horizontalement, soutenu en porte-à-faux par un pied de verre, fixé et isolé à la diélectrine, en communication avec un électromètre, ou simplement un électroscope dont le rôle est réduit à la constatation d'un même potentiel constant; le cylindre extérieur C, concentrique du premier, mis à la terre, peut glisser sur une espèce de rail, suivant l'axe, parallèlement à lui-même.

a. La mesure de résistance de l'air. — Faisant agir les rayons X sur l'air compris dans l'espace annulaire des deux cylindres, en ayant soin de protéger les autres parties de l'appareil, le diélectrique devient conducteur (on néglige l'effet métal dans la décharge), le cylindre intérieur se décharge; on déplace, de dl, le cylindre extérieur pendant le temps dt, en diminuant la capacité de dC, afin que le potentiel reste constant; ce que l'on constate en maintenant la même déviation à l'électromètre [1].

---

[1] Tout l'appareil, y compris l'électromètre, se trouve à l'abri à l'intérieur d'une cage métallique en plomb épais. Le tube produisant les rayons X se trouve également à l'intérieur d'une autre cage métallique, à une certaine distance; les rayons X sont dirigés par tubes en plomb sur l'espace annulaire seulement.

Les mesures à effectuer sont : la longueur dl et le temps dt; or si, pendant une expérience, le courant est constant, donc la résistance est constante; la vitesse de déplacement est le déplacement total sur le temps total, ou $\frac{l}{t}$.

En prenant une même longueur l commune à toutes les expériences, il reste à mesurer le temps t dans chaque cas.

Suivant l'intensité des rayons X employés, la résistance du diélectrique (air) est différente, bien entendu.

Mesurant les temps avec un chronomètre donnant 0,2 de seconde, on a eu, pour des intensités décroissantes des rayons X, les valeurs suivantes : $t = 17,3$; 27; 60,6.

Les constantes de l'appareil étant : $D = 4,93$; $d = 2,81$; $l = 31,52$,

$$R = \frac{2 \log \frac{4,93}{2,81}}{31,52} t.$$

En calculant cette formule, on a :

t.	R en unités électrostatiques.
17,3	0,617
27	0,964
60,4	2,156

b. La résistance des solides mauvais conducteurs. — On peut obtenir la décharge à travers un corps solide en réunissant par celui-là à la terre le cylindre électrisé :

	t.	R en unités électrostatiques.
Pour un fil de coton rouge	25,4	0,907
Pour un brin de papier	86,2	3,077
Pour un brin de bois	172	6,146

Pour un morceau de bois de sapin, de forme prismatique, ayant 1^{mm^2} de section et 10^{cm} de longueur, on a obtenu, pour $t = 77$, $R = 2,75$.

Cette valeur, transformée en unités électromagnétiques, donne

$$R = 24,74.\ 10 \text{ mégohms}$$

et, pour résistivité, 2474 mégohms.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une catalyse par l'humidité.* Note de M. **J. Meynier**, présentée par M. J. Violle.

On sait que certaines réactions, ordinairement très rapides ou explosives, telles que les formations à partir des éléments de l'eau à 600° et de l'acide

chlorhydrique à la lumière, l'action de l'oxygène sur le bioxyde d'azote, etc., sont arrêtées si l'on dessèche très soigneusement les corps du mélange (Baker et Dixon).

Les auteurs indiquent de plus que l'action conserve, à première vue et sans autrement préciser, son caractère ordinaire de rapidité à la faveur de la moindre trace d'eau; j'ai cherché à étudier les variations, selon la proportion du catalyseur, de la vitesse de combinaison de l'oxygène et du bioxyde d'azote.

D'autre part, si infime que soit une quantité d'eau, elle n'est pas forcément à l'état de vapeur. Au cours de ses travaux sur les *gros ions* de l'atmosphère, M. Langevin a signalé l'existence de gouttelettes tenaces de l'ordre du centième de micron, et l'on pouvait penser que cette eau encore liquide, intervenant avec ses propriétés ionisantes ordinaires, était cause de la catalyse: la filtration sur coton permet de se débarrasser de ces *gros ions*. J'ai donc cherché aussi sous quel état physique agissait l'eau.

Le dispositif expérimental est en principe le suivant:

Les deux gaz, débités à vitesse constante, arrivent à température invariable par deux branches d'un tube en Y; il se mélangent intimement grâce à un étranglement et à des sinuosités; puis ils circulent en réagissant dans la troisième branche du tube, où l'on peut voir la réaction fixée en ses différents états depuis l'origine. La coloration donne une indication sur la vitesse: 20 pour 100 environ de peroxyde d'azote formé en une seconde pour des gaz partant de la température 15° et de la proportion $NO + O$ sous la pression ordinaire. Mais la grande exothermicité de la réaction qui rend la colorimétrie peu précise fournit le mode opératoire.

Un thermomètre, placé dans le tube en un point où les gaz arrivent un peu après leur mélange, repère, par l'élévation de température lorsque le régime permanent est atteint, la vitesse initiale de réaction.

Ni les dessiccations, ni les filtrations, ni la superposition de ces deux moyens n'ont pu, au degré où nous les avons poussées (1 minute sur la potasse récemment fondue et 2 minutes sur la neige phosphorique; filtres de coton cardé de 30^{cm} de long) faire varier l'élévation de température de plus de 3 pour 100, ce qui était, d'autre part, l'incertitude expérimentale; les écarts n'on point été tous dans le même sens. La vitesse initiale de réaction est donc restée constante à la même approximation.

Ainsi, puisque d'après les expériences de M. Langevin une bonne filtration débarrasse les gaz de tous leurs *gros ions*, la vapeur d'eau suffit à déterminer la réaction, et la vitesse, tout de suite très grande, n'est pas proportionnelle à la quantité de cette vapeur d'eau introduite: la catalyse a ici les allures d'un déclic.

CHIMIE INORGANIQUE. — *Réactions chimiques dans les mélanges gazeux soumis aux pressions très élevées.* Note de MM. **E. Briner** et **A. Wroczynski**, présentée par M. Georges Lemoine.

I. En comprimant un mélange gazeux, on rapproche les uns des autres les atomes des différentes molécules, et l'on peut s'attendre, si la pression est suffisamment élevée et si la température est relativement basse, à la formation du système qui donne lieu au travail maximum des forces chimiques; l'action de la pression serait ainsi assimilable à une sorte de catalyse.

Dans des recherches encore inédites, MM. Briner et Cardoso ont constaté que les systèmes NO — CO, NO — HCl et NO — SO^2 soumis à des pressions allant jusqu'à 50^{atm} environ, se comportent comme des simples mélanges; il semble donc que, pour obtenir l'effet prévu, les pressions agissantes doivent être très élevées.

II. Pour maintenir un mélange gazeux à une pression très élevée pendant un certain temps, nous avons eu recours à l'artifice suivant qui est particulièrement commode lorsqu'on ne désire pas mesurer exactement la pression :

Il consiste à condenser les gaz constituants du mélange dans un tube à parois épaisses, immergé dans l'air liquide ou dans un autre gaz liquéfié. Lorsque la quantité condensée est suffisante, on ferme le tube soigneusement au chalumeau et on le laisse revenir à la température ordinaire; si celle-ci est supérieure au point critique du mélange, la pression dans le tube sera d'autant plus élevée que le remplissage sera plus complet. Par exemple, en fermant ainsi un tube complètement rempli d'air liquide, on obtient, après réchauffement à la température ordinaire, une pression de 1000^{atm} environ. Toutefois, comme nous ne remplissions nos tubes qu'aux deux tiers, les pressions atteintes sont moindres, mais dépassent en tout cas 500^{atm}. Pour réaliser des pressions aussi élevées, en appliquant ce même procédé aux gaz liquéfiables à la température ordinaire ou aux liquides, il suffit de porter le mélange au-dessus de son point critique. Il est nécessaire, dans ces essais, d'opérer avec prudence, car les tubes font fréquemment explosion.

Nous signalons ici les premiers résultats de ces recherches, effectuées sur des gaz soigneusement purifiés par distillation fractionnée :

III. *Système* NO — HCl. — A la température de l'air liquide, ce mélange se condense en un solide coloré en rouge violet foncé, qui est sans doute un composé d'addition. En laissant revenir le tube à la température ordinaire, ce composé disparaît, le mélange devient incolore, et, après un certain temps, on constate la présence de deux couches liquides, l'une rouge clair, l'autre jaune clair, dont les quantités augmentent de jour

en jour. D'après la couleur et *les points de fusion* de ces deux couches liquides, on peut conclure que la couche rouge clair est constituée par du chlorure de nitrosyle, et la couche jaune clair par de l'eau, avec la nuance caractéristique qu'elle prend en réagissant avec un excès de NOCl. La réaction doit donc avoir lieu suivant l'équation

$$2\,NO + 2\,HCl = NOCl + H^2O + \tfrac{1}{2}Cl^2 + \tfrac{1}{2}N^2$$

qui, d'après les données thermiques, est fortement exothermique. Les réactions qui interviennent dans ce mélange dépendent aussi des proportions relatives des constituants; ainsi, dans quelques tubes renfermant un excès de NO, les deux couches se sont transformées avec le temps en un liquide vert foncé.

IV. *Système* NO — SO^2. — Après avoir ramené le tube à la température ordinaire, on constate, après quelques heures, la formation d'un solide vert pâle, qui réagit avec l'eau, avec production d'acide sulfurique et de vapeurs nitreuses. Ce corps, une fois formé, est stable à la pression ordinaire; ce ne peut donc être un produit d'addition NO—SO^2; nous le considérons plutôt comme un anhydride mixte, formé à partir de SO^3, ce dernier résultant lui-même du processus fortement exothermique

$$NO + SO^2 = SO^3 + \tfrac{1}{2}N^2.$$

V. Nous avons aussi constaté l'entrée en jeu de réactions dans les systèmes HCl — SO^2, NO — CH^3Cl et SO^2 — O^2; à la température de l'air liquide, le mélange HCl — SO^2 se condense en un composé d'addition jaune orangé. Nous nous proposons de caractériser d'une façon plus précise les affinités qui se manifestent ainsi, en utilisant un dispositi permettant de mesurer les pressions agissantes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons hydratées du chlorure de thorium avec les chlorures alcalins.* Note de M. **Ed. Chauvenet**, présentée par M. Haller.

J'ai pu préparer un certain nombre de ces combinaisons par évaporation ou refroidissement des mélanges de dissolutions aqueuses des deux composants. Je prenais environ 3^{mol} du chlorure alcalin pour 1^{mol} de $ThCl^4$. Au début, le chlorure alcalin se dépose seul, puis l'aspect des cristaux change et l'on obtient les composés doubles suivants :

$ThCl^4, LiCl, 8H^2O$, $ThCl^4, NaCl, 10H^2O$, $ThCl^4, KCl, 9H^2O$,
$ThCl^4, 2RbCl, 9H^2O$, $ThCl^4, 2CsCl, 8H^2O$, $ThCl^4, 2AzH^4Cl, 10H^2O$.

On remarque que tous ces composés cristallisent avec un nombre de molécules d'eau très voisin (de 8 à 10).

Voici les résultats thermiques :

	Chaleur de dissolution.	Chaleur de fixation		
		de $n H^2O$ liq.	de H^2O liq.	de H^2O sol.
	Cal	Cal	Cal	Cal
$ThCl^4$, LiCl, $8H^2O$	+25,2	+37,65	+4,7	+3,27
$ThCl^4$, NaCl, $10H^2O$	— 5,74	»	»	»
$ThCl^4$, KCl, $9H^2O$	+ 3,05	»	»	»
$ThCl^4$, 2RbCl, $9H^2O$	+ 0,6	+26,9	+2,98	+1,55
$ThCl^4$, 2CsCl, $8H^2O$	+ 2,6	+29,86	+3,73	+2,30
$ThCl^4$, $2AzH^4Cl$, $10H^2O$ ..	— 3,9	»	»	»

Je ne reviens pas sur le mode de décomposition par la chaleur de ce dernier composé qui fournit d'abord $ThCl^4$, AzH^4Cl, puis $ThCl^4$ anhydre.

La déshydratation dans un courant d'acide chlorhydrique sec vers 150° de $ThCl^4$, 2RbCl, $9H^2O$ et de $ThCl^4$, 2CsCl, $8H^2O$ transforme ces dérivés en sels correspondants anhydres, tandis que les trois premiers composés doivent être chauffés vers 200° et donnent alors des oxy-halogénures :

1° Th(OH)Cl^3, LiCl,

2° Th(OH)Cl^3, NaCl,

3° Th(OH)Cl^3, KCl.

Cette différence s'explique pour $ThCl^4$, LiCl, $8H^2O$, attendu que la chaleur de formation du sel double anhydre est plus faible que celle de $ThCl^4$, 2RbCl ou $ThCl^4$, 2CsCl [1] et que l'eau est fixée sur le premier avec plus d'énergie (3,27 au lieu de 1,55 et 2,30), de sorte qu'il faut chauffer plus fortement pour déshydrater et que l'eau devenue libre réagit alors avec le chlorure double anhydre moins stable.

La même explication doit sans doute être donnée pour $ThCl^4$, NaCl, $10H^2O$ et $ThCl^4$, KCl, $9H^2O$; mais pour préciser de la même façon pour ces deux composés, il faudrait connaître la chaleur de formation de $ThCl^4$, NaCl et de $ThCl^4$, KCl, alors que j'ai expliqué que ces composés (ou mieux ces mélanges) n'ont pu être préparés. Cependant on peut raisonner par analogie de la même manière.

Puisque le mélange $ThCl^4$, LiCl a été préparé et a donné une chaleur de formation qui est sensiblement la moitié de celle du composé $ThCl^4$, 2LiCl (2,45 au lieu de 2,33) on doit admettre que les mélanges $ThCl^4$, NaCl et $ThCl^4$, KCl donneront aussi + 2,15 et + 4,57 très sensiblement (la

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1207.

moitié de $ThCl^4, 2MCl$). Dès lors, en raisonnant ainsi, on a pour la fixation de 1^{mol} d'eau sur $ThCl^4$, NaCl

$$Q = \frac{50,04 - (-2,15) - (-5,74)}{10} = +5^{Cal},79;$$

soit pour 1^{mol} d'eau solide $+4,36$ $(Q - 1,43)$. D'où résulte le Tableau suivant :

3,27	pour	Li	(directement)
4,36	»	Na	(calcul précédent)
3,87	»	K	»
1,55	»	Rb	(directement)
2,30	»	Cs	»

Ces nombres établissent bien que la stabilité des hydrates fournis par Li, Na, K est plus grande que celle des hydrates fournis par Rb et Cs (à peu près le double pour H^2O sol.). Les hydrates des chlorures des trois premiers métaux sont donc à la fois beaucoup moins stables comme chlorures anhydres et beaucoup plus stables comme hydrates que ceux des deux derniers.

C'est pourquoi lorsqu'on déshydrate, même dans un courant de gaz chlorhydrique, les chlorures doubles hydratés de Li, Na, K, il faut opérer à des températures élevées et, dans ces conditions, H^2O réagit pour former des oxy-halogénures.

Ce fait explique toute les observations faites par Krüss (1), Moissan et Hönigschmid (2), et l'insuccès de Berzélius (3) et de Nilson (4) dans leurs tentatives de la préparation du thorium métallique en partant du chlorure double hydraté de thorium et de potassium qu'ils pensaient pouvoir déshydrater simplement par la chaleur.

J'ai pensé qu'à des températures plus élevées que 200°, ces oxy-halogénures $Th(OH)Cl^3$, MCl fourniraient :

$$ThOCl^2, LiCl,$$
$$ThOCl^2, NaCl,$$
$$ThOCl^2, KCl$$

et enfin les termes ultimes à une température plus élevée encore :

$$ThO^2 + ThCl^4 + 2LiCl,$$
$$ThO^2 + ThCl^4 + 2NaCl,$$
$$ThO^2 + ThCl^4 + 2KCl;$$

---

(1) Krüss, *Zeitsch. f. anorg. Chem.*, t. XIV, 1897, p. 361.

(2) Moissan et Hönigschmid, *Ann. Chim. Ph.*, 8e série, t. VIII, 1906, p. 182.

(3) Berzélius, *K. vet. Acad. Handl.*, 1829.

(4) Nilson, *Ber. d. chem. Ges.*, 1882, p. 2537.

c'est en effet ce que j'ai pu vérifier pour l'un d'entre eux : vers 200°, $ThCl^4$, LiCl, $8H^2O$ se transforme en $Th(OH)Cl^3$, LiCl; vers 400°, j'ai obtenu $ThOCl^2$, LiCl, et vers 800° cet oxychlorure se dédouble ainsi que je l'ai indiqué plus haut en $ThCl^4$ et 2 LiCl qui se volatilisent et ThO^2 qui reste seule dans la nacelle. Ces résultats prouvent que le thorium métallique de Berzélius et de Nilson devait être, en effet, inəʇqəuɯlɐ˙ɪévisouillé de thorine, comme ils l'ont dit. Il doit même être très difficile d'obtenir Th absolument exempt de ThO^2 en partant de $ThCl^4$, de MCl et de M (expériences de Moissan) comme je m'en suis assuré d'ailleurs, $ThCl^4$ et M étant très avides d'eau et fournissant sûrement un peu de chlorure double hydraté. Mais, conformément aux explications précédentes, les chlorures doubles de Rb et Cs pourront, même en partant de combinaisons hydratées, servir à la préparation du thorium pur. J'entreprends des expériences dans cette direction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le butine normal et quelques dérivés.* Note de M. **Georges Dupont**, présentée par M. A. Haller.

Le butine normal ayant été très peu étudié jusqu'à ce jour, il m'a paru intéressant de chercher un moyen pratique de préparation de ce corps pour pouvoir aborder l'étude de quelques-uns de ses dérivés.

I. J'ai tout d'abord repris la méthode de Bruylants (attaque du butane α dichloré $C^2H^5 — CCl^2 — CH^3$ par la potasse). Cette méthode pénible donne de mauvais rendements.

En cours de route j'ai pu déterminer les constantes des deux chlorures :

1° *Butane α dichloré,* liquide bouillant à 102°-104° (nombre de Bruylants, 95°-97°), fusion à $-74°$, $n_D = 1,4295$.

2° *Butylène α chloré,* liquide bouillant à 61°-62° (nombre de Bruylants, 55°), $n_D = 1,4168$.

II. J'ai cherché alors à préparer le butine à partir de l'alcool butylique normal.

Je suis arrivé à un résultat très satisfaisant de la manière suivante : déshydratation catalytique de l'alcool par l'alumine (Senderens), absorption du butylène par le brome refroidi, attaque du bromure de butylène par de la potasse parfaitement sèche additionnée d'une faible quantité d'alcool et maintenue aux environs de 180° dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux. Le butine volatil distille : on évite ainsi en partie son isomérisation par contact prolongé avec la potasse.

J'ai préparé l'alcool butylique par la méthode de Grignard, quelque peu modifiée.

Dans le traitement du bromure de propylmagnésium par le trioxyméthylène à la température d'ébullition de l'éther, j'ai obtenu constamment, à côté de l'alcool butylique, son formal $CH^2(OC^4H^9)^2$, liquide bouillant à 180°-181°, fusion —61°,5. Le rendement en alcool était ainsi abaissé au-dessous de 50 pour 100. J'ai évité la formation de formal et élevé le rendement à 67 pour 100 en opérant à froid, au-dessous de 20°. L'opération dure alors une douzaine de jours; on agite de temps en temps; elle est terminée quand il s'est formé une couche supérieure bien limpide.

Le butine pur (régénéré de son dérivé argentique, séché et distillé sur le chlorure de calcium) est un liquide bouillant à 18°,5, fondant à — 130°; $d_0 = 0,668$; $n_D = 1,3962$; $R_M = 19,43$ (calc. 18,63).

III. Par l'action ménagée du brome sur le butine, j'ai obtenu :

1° Le *dibromure* $C^2H^5 — CBr = CHBr$, liquide bouillant à 150°, fondant à — 49°,5; $d_0 = 1,887$;

2° Un tétabromure cristallisé qui se sublime sans fondre vers 200°.

IV. A partir du composé cuivreux du butine, j'ai pu préparer quelques dérivés :

1° Par l'action de l'iode j'ai obtenu le dérivé triiodé $C^2H^5 — CI = CI^2$ en cristaux blancs, altérables à la lumière, fondant à 26°;

2° Par oxydation à l'aide du ferricyanure de potassium, j'ai obtenu l'*octadiine* $C^2H^5 — C \equiv C — C \equiv C — C^2H^5$, liquide légèrement coloré en jaune, bouillant à 163°-164°; $d_0 = 0,826$; $n_D = 1,4968$; $R_M = 37,54$ (calc. 35,31).

J'ai pu hydrater cet octadiine en le chauffant 4 jours en tube scellé, à 100°, avec une solution alcoolique de sublimé. De la portion de liqueur absorbable par une solution saturée de carbonate de potasse, j'ai retiré une petite quantité de liquide passant vers 75° sous 20mm.

C'est de l'*octadione* 3-5 $C^2H^5 — CO — CH^2 — CO — CH^2 — C^2H^5$ caractérisée par sa précipitation totale par l'acétate de cuivre. Ce précipité, cristallisé dans l'alcool bouillant, est bleu clair, fond à 158°,5 et correspond, à l'analyse, à la formule $(C^8H^{14}O^2)^2Cu$.

V. Enfin, à l'aide du *bromure de butine magnésium*, j'ai pu faire un certain nombre de synthèses. Les corps que j'ai ainsi préparés sont :

1° *L'acide éthylpropiolique* $C^2H^5 — C \equiv C — CO^2H$, aisément obtenu par l'action lente du gaz carbonique sur le bromure de butine magnésium (rendement : 62 pour 100). Je l'ai identifié avec celui déjà préparé différemment par Jocicz. Je suis passé de cet acide à son *éther éthylique* par l'action de l'alcool absolu, en présence d'acide sulfurique, au bain-marie. C'est un liquide bouillant à 67°-68° sous 18mm; $d_0 = 0,962$.

J'ai pu préparer directement cet éther par l'action du chlorocarbonate d'éthyle sur le magnésien.

Je me suis proposé de passer de cet éther à l'éther β cétonique correspondant, par

la méthode in quée par M. Moureu (*Bull. Soc. chim.*, t. XXXV, p. 1191). Pour cela j'ai préparé la *combinaison pipéridique* $C^7H^{10}O^2$, $C^5H^{11}Az$, liquide huileux, bouillant à 165°-166° sous 17^{mm}; $n_D = 1,5246$.

Cette combinaison, hydrolysée par une solution éthéro-alcoolique d'acide picrique, m'a donné une petite quantité de liquide, passant vers 190°, que j'ai pu identifier avec l'*éther propionylacétique* de M. Blaise (*Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 978) par l'action de l'acétate de cuivre. J'ai obtenu dans les deux cas le même précipité cristallin vert fondant à 144°-145° et correspondant à la formule $(C^7H^{11}O^3)^2Cu$.

2° *Phényl-1-pentine-2-ol-1* $C^6H^5 - CHOH - C \equiv C - C^2H^5$. — Cet alcool secondaire a été obtenu avec de bons rendements par l'action de l'aldéhyde benzoïque sur le magnésien. C'est un liquide huileux, bouillant à 137°-138° sous 16^{mm}; $d_0 = 1,037$; $n_D = 1,5455$; $R_M = 48,81$ (calc. 49,05).

Il fixe 2^{at} d'iode pour donner le *diiodure* $C^2H^5 - CI = CI - CHOH - C^2H^5$, cristaux blancs stables, fusibles à 196°.

Son *éther benzoïque*, très bien cristallisé, fond à 59°.

On obtient cet éther par l'action sur l'alcool d'un léger excès de chlorure de benzoyle en présence d'une solution concentrée, en large excès, de carbonate de potasse en agitant énergiquement pendant 1 heure.

3° *Méthyl-2-hexine-3-ol-2* $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\! CHOH - C \equiv C - C^2H^5$. — Ce corps s'obtient avec de bons rendements (75 pour 100) par l'action de l'acétone sur le magnésien. C'est un liquide d'odeur agréable, bouillant à 145°-147°; $d_0 = 0,962$; $n_D = 1,4411$; $R_M = 30,75$ (calc. 33,8).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des dérivés de la fénone racémique*. Note de MM. **Bouveault** et **Levallois**, présentée par M. Haller.

Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1399) nous avons indiqué la préparation synthétique d'une amide, présentant la composition de la dihydrofencholénamide racémique, mais possédant un point de fusion moins élevé que celui de cette dernière.

Pensant que le point de fusion de l'amide synthétique était abaissé par une petite quantité d'une impureté, nous avons recommencé sa préparation en nous entourant des précautions les plus minutieuses. Elle provient de la réaction de l'amidure de sodium sur une phénylcétone méthylée, *le benzoylméthylisopropylcyclopentane*. On pouvait craindre que cette dernière ne contînt encore une certaine quantité de son homologue inférieur. Nous l'avons transformée en oxime, avons fait cristalliser cette dernière et avons régénéré l'acétone de l'oxime pure. L'amide provenant de cette nouvelle préparation est identique à la première.

Cette amide pouvant exister sous deux formes stéréo-isomériques cis-trans, susceptibles de prendre naissance l'une et l'autre dans notre réaction, nous avons soupçonné que nous avions entre les mains un mélange inséparable, parce que probablement isomorphe, des deux isomères géométriques.

Ne pouvant extraire du mélange l'amide racémique à l'état de pureté, nous avons cherché à démontrer qu'elle y était contenue et, par suite, que nous avions réalisé sa synthèse; nous avons été plus heureux dans cette recherche.

Dans notre première Note sur la constitution de la fénone (*Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 180), nous avons fait voir que la dihydrofencholénamide, dérivée de la fénone naturelle, se transforme, au contact de l'hypobromite, en une urée symétrique, la *diapofenchylurée*, fusible à 168°; il était vraisemblable que l'amide racémique se comporterait de la même manière.

L'hypobromite réagissant sur l'amide racémique, provenant du mélange des deux amides actives, a donné deux urées symétriques isomères qui ont pu être séparées par cristallisation dans l'éther anhydre; elles fondent respectivement, l'une à 175°, l'autre à 161°.

L'amide synthétique, traitée par le même réactif, a fourni aussi deux urées isomères fusibles à 162°-163° et à 136°.

Nous avons alors préparé les deux urées énantiomorphes, fusibles toutes les deux à 168°, provenant des deux fénones droite et gauche; un mélange à parties égales de ces deux urées nous a fourni l'urée racémique.

Cette dernière, moins soluble que ses corps actifs, fond à 185°; mais si l'on reprend son point de fusion aussitôt après resolidification, il s'abaisse à 175°. Ce racémique fondant à 185° semblant être une modification instable, nous l'avons chauffé pendant 1 heure en tubes scellés à 180°-200°. Le produit n'a pas subi de modification apparente, mais il s'est nettement séparé, par cristallisation fractionnée dans l'éther, en deux formes isomériques fondant l'une à 162°-163° et l'autre à 148°. Chacune de ces deux formes, portée à 180°-200° pendant plusieurs heures, conserve un point de fusion invariable.

Le mélange d'urées provenant de l'acide racémique, soumis au même chauffage, s'est ensuite séparé en deux isomères fondant également à 162°-163° et 148°.

Les corps de deux origines différentes fondant au même point sont identiques, leur mélange conservant le même point de fusion.

Celui des deux qui fond à 162°-163° est identique au produit de même point de fusion, provenant du traitement de l'amide synthétique. Cette amide contient donc celle qui est capable de fournir par l'hypobromite

l'urée racémique fondant à 162°-163°, c'est-à-dire l'amide racémique cherchée.

Cette transformation par la chaleur d'une urée racémique, fondant à 185°, en un mélange de deux autres, est d'autant plus curieuse que les urées actives ne subissent, dans les mêmes conditions, aucune modification. Il semble donc que la stéréo-isomérisation soit moins facile chez les composés actifs que chez les racémiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la maltase du sarrasin.* Note de M. J. **Huerre**, présentée par M. L. Maquenne.

Le nombre des semences dans lesquelles on a signalé la présence de la maltase est encore très peu considérable. Toutes les variétés de maïs en contiennent ; il y en aurait aussi dans la graine de *Soja hispida* (légumineuses) (¹); j'en ai trouvé une proportion relativement considérable dans la graine de sarrasin (variété *argenté*).

Les extraits ont été préparés, comme dans nos recherches sur les enzymes du maïs, par macération des semences broyées au moulin avec 10 parties d'eau pendant 1 heure à la température ordinaire.

Limite inférieure d'activité. — La maltase du sarrasin agit encore à + 5° et même + 3° (le maltose ajouté à raison de 1,5 pour 100 à l'extrait est hydrolysé dans la proportion de 7,5 pour 100 en 28 heures à cette température), mais ne produit plus d'effet à 0°.

C'est donc une maltase basse, mais différente de celle du maïs blanc des Landes, qui dédouble encore le maltose à la température de la glace fondante (²).

Limite supérieure et température optima. — Détruite à 72°; agit nettement à 65°, plus rapidement à 60°, au mieux vers 55° et plus lentement au-dessous de cette température optima (maltose hydrolysé pendant le même temps : 30 pour 100 à 50°; 34 pour 100 à 55° et 18 pour 100 à 60°).

L'ensemble de ces caractères rapproche la maltase du sarrasin de celle du maïs *Cuzco rouge* qui fonctionne entre 0° et 70° et a son optimum vers 58° (³).

Influence de la réaction du milieu. — L'extrait de sarrasin, préparé comme on l'a

(¹) Duclaux, *Microbiologie*, t. II, p. 473.
(²) Huerre, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 300.
(³) Huerre, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 506.

dit plus haut, présente à l'hélianthine une réaction alcaline équivalente à 10 gouttes d'acide sulfurique $\frac{N}{10}$ pour 10^{cm^3}; son activité maltasique augmente jusqu'à un certain maximum à mesure qu'on diminue cette alcalinité naturelle; elle devient nulle pour une acidité équivalente à 6 gouttes d'acide.

Les chiffres suivants indiquent la proportion de maltose hydrolysé pour 100 de sucre ajouté à l'extrait :

Acide sulfurique décinormal ajouté à 10^{cm^3} d'extrait en gouttes de $0^g,05$.		
0	58	34
2	61	»
4	63	50
6	66	65
8	63	54
10 (neutre)	57	»
12	41	»
16	0	»
Dose d'acide optima	6 gouttes	6 gouttes

On voit que le maximum d'effet se produit quand le milieu présente encore une alcalinité correspondant à 4 gouttes d'acide sulfurique décinormal; c'est également la réaction la plus favorable au fonctionnement des maltases de maïs *Auxonne, Jaune des Landes* et *King Philipp* (¹).

Influence des aminoacides et des amides. — L'addition d'aminoacides augmente nettement l'activité de l'enzyme : l'hydrolyse du maltose passe, toutes choses égales d'ailleurs, de 22 centièmes à 29 centièmes par addition de 1 pour 100 de leucine et à 48 centièmes par addition 1 pour 100 de glycocolle ou d'asparagine.

La dose optima est de 2 pour 100 pour le glycocolle et 3 pour 100 pour l'asparagine.

L'acétamide, ajoutée dans la proportion de 1 pour 100, active la maltase du sarrasin, tandis qu'elle ne produit aucun effet sur les enzymes de maïs. L'hydrolyse du maltose, égale à 0,50 pour l'extrait normal de sarrasin, atteint 0,83 avec 1 pour 100 d'acétamide, 0,90 avec 2 pour 100 et 0,77 avec 3 pour 100; il y aurait donc un optimum voisin de 2 pour 100.

Influence de la germination. — Contrairement à ce que l'on aurait pu supposer, la proportion de maltase contenue dans les extraits de graines germées diminue dès le début de la germination pour devenir nulle au bout de quelques jours.

Les résultats suivants ont été obtenus avec des extraits à 10 pour 100 de matière

(¹) HUERRE, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1121.

supposée sèche; les chiffres indiquent encore la proportion centésimale de maltose hydrolysé pendant des temps égaux et à la même température :

Graines normales		44
»	après 2 jours de germination	21
»	» 3 jours »	5
»	» 5 jours et plus	0

A partir du quatrième jour de germination, le sarrasin ne contient plus de maltase soluble; mais il renferme de la maltase insoluble, car, si l'on exprime la matière épuisée par l'eau et qu'on la sèche dans le vide sulfurique, on obtient une poudre qui, délayée dans une solution de maltose, transforme ce sucre en glucose. Après 4 heures, l'hydrolyse peut atteindre 53 pour 100 du maltose ajouté.

Nous ne pouvons encore dire si au cours de la germination il y a insolubilisation de l'enzyme primitivement soluble; les expériences que nous avons entreprises et que nous poursuivons sur ce sujet tendent en effet à établir la coexistence de maltase soluble et de maltase insoluble dans la semence de sarrasin non germé. En tout cas, la maltase soluble disparaît pendant l'évolution de la graine, par un mécanisme encore inconnu.

En résumé :

1° Le sarrasin contient une maltase basse agissant entre + 3° et + 70°, avec un optimum à 55°.

2° L'activité de cette maltase augmente, soit par neutralisation partielle de l'alcalinité du milieu, soit par addition d'aminoacides ou d'acétamide.

3° Cette maltase soluble n'existe que dans la graine sèche ou tout à fait au début de sa germination; elle y est accompagnée de maltase insoluble et disparaît rapidement au cours de la germination.

MINÉRALOGIE. — *De quelques basaltes tertiaires français du Vorland alpin, à fumerolle éléolitique.* Note de M. **Albert Michel Lévy**, présentée par M. Michel Lévy.

On sait que le coefficient magmatique le plus stable, susceptible de caractériser l'élément fumerolle de séries de roches bien analysées, est le cofficient $\Phi = \frac{S_{sal}}{2K + 3n}$ d'acidité latente, imaginé par M. Michel Lévy en 1903 (¹), dans lequel S_{sal} représente la silice pour 100 des éléments

(¹) *Bull. Carte géol. France*, nos 92, 96, 1903.

blancs et $2K + 3n$ (K potasse pour 100; n soude pour 100) un nombre sensiblement proportionnel à la somme des poids atomiques des alcalis; pour $\Phi = 1,9$, la silice sature exactement les alcalis sous forme d'albite et d'orthose; au-dessous règne le domaine des roches à feldspathides éléolitiques et leucitiques; au-dessus, celui des roches à acidité croissante, syénites, granites et tonalites.

La plupart des roches tertiaires et quaternaires françaises, qui ont fait éruption dans l'arc extérieur alpin sur des accidents hercyniens réouverts, rentrent dans la série $\Phi > 1,9$; M. Michel Lévy, dans son cours au Collège de France, en 1907, donnait les chiffres suivants pour le coefficient Φ : Mont-Dore (moyenne pour 34 roches) 2,4; les Puys (11 roches) 2,8; Cantal (17 roches) 2,5.

Par contre les magmas du Vorland alpin, vers l'Est, en Allemagne et en Bohême, rentrent généralement dans la série $\Phi \leqq 1,9$; seuls font exception à cette règle, d'après les chiffres de M. Michel Lévy, le Kaiserstuhl ($\Phi = 2,4$), le Siebengebirg ($\Phi = 2,5$), les Provinces rhénanes ($\Phi = 3,0$). Les autres massifs allemands se rangent tous dans la série $\Phi \leqq 1,9$: lac de Laach ($\Phi = 1,6$), Hegaux ($\Phi = 1,7$), Bohême ($\Phi = 1,9$), Hesse ($\Phi = 1,9$), Rhön ($\Phi = 1,6$), basalte de Reichenwe ($\Phi = 2$).

Quelques roches volcaniques françaises se rapprochent cependant, au point de vue de leur défaut d'acidité latente, de celles des massifs allemands. On connaît la néphélinite augitique à péridot d'Essey-la-Côte (Vosges), signalée par M. Vélain en 1885 ([1]) et qui voisine avec un basalte à labrador, la néphélinite de Rougiers (Var), découverte par MM. Michel Lévy et Collot en 1889, qui ne contient que de la néphéline à l'exclusion de tout feldspath, les néphélinites du Drevin et du Puy de Saint-Sandoux, décrites par M. Lacroix, les téphrites que MM. Michel Lévy et Giraud ont signalées dans la Limagne, aux environs de Billon, les phonolithes du Mont-Dore, du Cantal, de la Limagne et des environs du Puy, les andésites à haüyne du Mont-Dore.

Nous apportons ici les résultats des analyses de certaines de ces roches exceptionnelles et celles de quelques gisements que nous avons récemment étudiés et qui se sont classés dans l'une ou l'autre des deux séries. Toutes ces roches sont des basaltes à feldspaths ou feldspathides.

([1]) *Société géologique de France,* 1886, p. 565.

Analyses de M. Pisani, 1907.

	Essey-la-Côte (Vosges).	Rougiers (Var).	Château du Perroux (l'Ardoisière).	Château de Launay (Marcigny).	Les Églazines (Aveyron).	Agde (Hérault).
TiO^2......	3,02	3,42	4,47	2,09	1,75	3,22
SiO^2......	38,35	39,75	42,55	44,50	45,55	48,45
Al^2O^3......	12,45	13,51	14,10	13,10	15,10	16,10
Fe^2O^3.....	3,20	4,00	4,10	0,45	3,20	1,50
FeO.......	8,32	8,55	7,10	9,47	8,55	9,27
CaO.......	9,11	10,90	11,20	10,11	9,38	8,85
MgO......	18,70	14,81	10,80	14,60	11,70	6,88
K^2O.......	0,84	0,75	1,86	0,86	1,47	1,64
Na^2O......	3,15	3,41	3,05	1,83	2,16	4,15
P. f........	3,26	1,26	2,0	3,25	1,88	»
Totaux....	100,39	100,36	101,23	100,26	100,74	100,06
Ph^2O^5.....	0,43	0,17	0,58	Traces	0,24	Traces

Le calcul des paramètres américains et des paramètres magnétiques a donné les résultats suivants :

	Noms américains.	Paramètres magmatiques.			
Basalte néphélinique d'Essey-la-Côte...	*Etindose.*	$\Phi = 1,2$ éléolitique	$r = 0,26$ mégasodique	$\psi = 0,6$ magnésien	$\Upsilon = 1,3$ mésocalcique
Basalte néphélinique de Rougiers......	*Etindose.*	$\Phi = 1,4$ éléolitique	$r = 0,21$ mégasodique	$\psi = 0,8$ magnésien	$\Upsilon = 1,2$ mésocalcique
Basalte probabl. néphélinique du Château du Perroux..	*Limburgose.*	$\Phi = 1,8$ éléolitique	$r = 0,61$ mésopotassique	$\psi = 1,0$ magnésien ferreux	$\Upsilon = 1,1$ mésocalcique
Basalte néphélinique du Drevin........	*Limburgose.*	$\Phi = 1,9$ éléolitique	$r = 0,64$ mésopotassique	$\psi = 1,4$ magnésien	$\Upsilon = 1,2$ mésocalcique
Basalte labradorique d'Agde..........	*Auvergnose.*	$\Phi = 2,3$ syénitique	$r = 0,39$ mésosodique	$\psi = 1,6$ magnésien ferreux	$\Upsilon = 1,3$ mésocalcique
Basalte labradorique d'Églazines......	*Auvergnose.*	$\Phi = 2,9$ syénitique	$r = 0,68$ mésopotassique	$\psi = 1,0$ magnésien	$\Upsilon = 1,3$ mésocalcique
Basalte labradorique du Château de Launay............	*Auvergnose.*	$\Phi = 3,2$ alcalino-granitique	$r = 0,50$ mésosodique	$\psi = 0,7$ magnésien	$\Upsilon = 0,99$ mégacalcique

On voit que les basaltes où le microscope avait permis de déceler la néphéline se classent bien nettement dans la série éléotique ($\Phi < 1,9$), mais le basalte que nous avons recueilli sous le Château du Perroux, près l'Ardoisière (Cusset, Allier), ne nous a montré au microscope que des types

limburgitiques dénués de néphéline apparente; l'analyse prouve sa parenté avec les basaltes néphéliques.

Tout au contraire, les basaltes qui se sont montrés nettement labradoriques sous le microscope [ceux d'Agde, du volcan d'Eglazines, près le Rozier (Aveyron) ([1]), du Château de Launay, près Marcigny (Loire)], se classent par l'analyse, dans la série syénitique et granitique ($\Phi > 1,9$).

Il semble que les magmas à fumerolle éléotique des roches éruptives du Vorland alpin apparaissent principalement vers l'Est alors que les massifs plus à l'Ouest présentent en moyenne des magmas syénitiques.

Rappelons que Becke a cru pouvoir établir en 1903 une séparation des magmas à la fois géographique, tectonique et chimique, en deux séries : une série atlantique, qui serait téphritique, riche en alcalis; une série pacifique (type Andes), qui serait andésitique, pauvre en alcalis.

Ces deux séries correspondent aux séries éolitique et tonalitique; de très nombreuses exceptions viennent infirmer quelque peu la classification géographique de Becke. Des massifs éruptifs, en plein domaine atlantique, présentent, en effet, un coefficient Φ supérieur à 1,9; c'est le cas pour le Mont Dore, les Puys, le Cantal, entremêlés avec la série éléotique française; c'est également le cas pour le Kaisersthul, le Siebengebirg et les Provinces Rhénanes, en Allemagne. Il en est encore de même pour l'Etna ($\Phi = 4,1$), voisin du Vésuve et des volcans romains ($\Phi = 1,8$).

D'autre part, les High-Wood Mountains, constituent une importante exception au milieu du domaine pacifique ($\Phi = 1,7$); car leur magma se rattache à ceux de la série atlantique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le rougissement des rameaux de* Salicornia fruticosa. Note de M. **H. Colin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Au cours d'une herborisation dans le marais de Nefta, lors de la dernière session extraordinaire de la Société botanique de France en Tunisie (avril 1909), mon attention fut arrêtée par le rougissement très vif de certaines touffes de *Salicornia fruticosa*. Ce développement d'anthocyane, localisé de préférence à l'extrémité des rameaux, était corrélatif d'une dessiccation partielle de leur base.

([1]) Fabre, *Comptes rendus*, 1er mars 1909, p. 584.

Les eaux du marais présentant une salure accentuée, il était intéressant d'effectuer comparativement le dosage du chlore total et des composés hydrocarbonés dans les parties rougies et dans les parties vertes.

En effet, parmi les facteurs susceptibles d'intervenir dans la différenciation de l'anthocyane, la concentration du suc cellulaire en composés hydrocarbonés est un des plus incontestables; les recherches expérimentales d'Overton (¹), les résultats obtenus par M. Molliard (²) en cultures artificielles en ont fait la preuve, et R. Combes (³) a montré que, dans la nature, le rougissement survenu à la suite d'influences diverses (éclairement intense, gelée, décortication annulaire) s'accompagne d'une accumulation, dans les tissus, de composés hydrocarbonés solubles.

Au contraire, en ce qui concerne l'action des sels minéraux, Overton substituant dans ses cultures, à la solution sucrée, diverses solutions salines de même pression osmotique, ne constatait aucune production d'anthocyane; les résultats de M. Molliard confirment les précédents.

On devait donc se demander, en présence des rameaux rougis de *Salicornia fruticosa*, si la teneur en sel et la teneur en hydrocarbones solubles varie dans le même sens lorsqu'on passe des rameaux verts aux rameaux à anthocyane.

Dans le but d'élucider ce problème, j'ai prélevé au hasard un lot d'échantillons rougis et un autre d'échantillons verts.

Pour le dosage du chlore, 3g,76 de plante fraîche sont desséchés à l'étuve; la substance sèche pulvérisée (correspondant à 1g,39 pour les rameaux rouges et à 1g,46 pour les rameaux verts) est épuisée par l'eau aiguisée d'alcool; on précipite à chaud par l'azotate d'argent, les matières organiques entraînées retardent un peu la précipitation sans l'empêcher d'être complète. J'ai obtenu en chlore total, rapporté à 100g de poids frais :

Rameaux rouges	6g,78
Rameaux verts	5,18

Le dosage des hydrocarbones a été effectué dans les mêmes conditions; je me suis borné à déterminer la somme des composés solubles en dosant le liquide d'épuisement

(¹) Overton, *Beobacht. und Vers. über das Auftreten von rothem Zellsaft bei Pfl.* (*Jahr. f. wis. Bot.*, t. XXXIII, 1889).

(²) Molliard, *Production expérimentale de tubercules blancs et de tubercules noirs à partir des graines de radis rose* (*Comptes rendus*, 1909, p. 573).

(³) Combes, *Recherches biochimiques sur le développement de l'anthocyane chez les végétaux* (*Comptes rendus*, 1909, p. 790).

après hydrolyse. Les résultats sont les suivants, exprimés en glucose et pour 100g de poids frais :

Rameaux rouges	1g,28
Rameaux verts	0,97

Ces chiffres, rapportés à 100g de substance sèche, deviennent :

Rameaux rouges	3g,45
Rameaux verts	2,46

Le rougissement des rameaux de *Salicornia fruticosa* est donc accompagné d'une accumulation, dans le suc cellulaire, de chlorures et de composés hydrocarbonés solubles. Si l'on considère l'augmentation subie, d'une manière absolue, par ces deux groupes de substances au cours du rougissement, on observe que l'accumulation est légère pour les hydrocarbures et plus considérable pour les chlorures. Mais si l'on envisage le rapport de la quantité de composés hydrocarbonés ou de chlorures contenus dans les feuilles rouges à la quantité des mêmes substances renfermées dans les feuilles vertes, on voit que ces rapports sont à peu près semblables ; ce sont : 0,75 pour les hydrocarbures et 0,76 pour les chlorures.

L'augmentation subie, dans ce cas particulier de rougissement, par les composés sucrés, confirme les résultats analytiques obtenus par R. Combes et vient à l'appui des hypothèses formulées par Overton sur le rôle des composés hydrocarbonés solubles dans la production de l'anthocyane. D'autre part, les recherches d'Overton et de Molliard interdisent, dans l'état actuel du problème, d'attribuer à la concentration en chlorures les rougissements signalés.

Il faut donc conclure que, tout au moins, l'accumulation dans les cellules d'une forte proportion de composés minéraux, tels que les chlorures de sodium et de magnésium, ne s'oppose pas à la production de l'anthocyane.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'influence de divers milieux nutritifs sur le développement des embryons de* Pinus Pinea. Note [1] de **M. J. Lefèvre**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le développement total des plantes supérieures comprend deux phases essentielles : 1° *la phase embryonnaire*, où la petite plante se nourrit direc-

(1) Présentée dans la séance du 1er juin 1909.

tement des matières organiques de sa graine; 2° *la phase post-embryonnaire,* où la plante, ayant épuisé ses réserves, se nourrit avec les matériaux pris dans le milieu extérieur, grâce au pouvoir de synthèse de sa chlorophylle.

Dans ces deux périodes, les conditions de la nutrition diffèrent donc profondément; aussi n'avons-nous, *a priori,* aucune raison d'étendre à l'une les faits établis pour l'autre.

En particulier, les divers modes d'alimentation organique (sucres, peptones, amides), découverts par J. Laurent, Molliard, J. Lefèvre, chez la plante bien développée ou sur la graine totale, ne s'appliquent pas forcément à l'embryon libre. Il faut donc des épreuves directes pour connaître l'influence des divers milieux organiques sur le développement de cet embryon.

En 1906, déjà Lubimenko (1) a montré que l'embryon de *Pinus Pinea* se développe remarquablement dans les solutions sucrées (saccharose à 9 ou 10 pour 100; glucose à 4 ou 5 pour 100), quand les cultures sont exposées à une lumière modérée.

D'autre part, usant de l'expérience et des indications dont M. Lubimenko a bien voulu nous faire profiter, nous avons récemment établi (2) que l'embryon de *Pinus Pinea,* placé aseptiquement dans la solution amidée à 0,5 pour 100, refuse tout développement.

Il y avait donc lieu d'étendre encore ces essais à diverses solutions nutritives. Pour cela on a mis en expérience treize ballons de culture contenant plusieurs types de solutions, à des concentrations différentes.

Chaque ballon renferme 100^{cm^3} de solution et la quantité de coton hydrophile convenable, pour que les embryons soient mouillés sans être immergés. Avec leur bouchon d'ouate et leur liquide, les ballons ont été stérilisés dans l'autoclave à 129°.

Les embryons de *Pinus Pinea* ayant été dégagés aseptiquement de leur endosperme (scalpel flambé, mains lavées au sublimé à 2 pour 1000 et essuyées dans les plis d'une serviette repassée au fer très chaud), on ensemence les ballons avec les précautions usitées en Bactériologie.

Au bout de 40 jours, tous les ballons seront aussi limpides qu'au début, et sans mycélium : la stérilisation est parfaite.

Les treize solutions contiennent la formule minérale de Knop. Le Tableau suivant donne leur composition organique :

A, témoin; pas d'aliment organique;
B, 9 pour 100 de saccharose;
C, 0,5 pour 100 d'amides (leucine, tyrosine, oxamide, alanine, glycocolle);
D, 0,5 pour 100 d'amides + 9 pour 100 de saccharose;
E, 3,5 pour 100 de glucose;

(1) Lubimenko, *Comptes rendus,* 8 octobre 1906.
(2) J. Lefèvre, *Comptes rendus,* 1908.

F, 2 pour 100 de peptones ;
G, 2 pour 100 d'asparagine ;
H, 2 pour 100 d'asparagine + 6 pour 100 de saccharose ;
I, 0,5 pour 100 de peptones ;
K, 0,5 pour 100 d'asparagine ;
L, 0,5 pour 100 de peptones + 8 pour 100 de saccharose ;
M, 0,5 pour 100 d'asparagine + 8 pour 100 de saccharose.

Dans cet ensemble de solutions, on trouve :

1° Des rations *complètes* (peptones et sucre) analogues à celles qui conviennent aux animaux ;

2° Des rations *incomplètes*, azotées ou hydrocarbonées, à doses variées de peptones ou d'asparagine ;

3° Des rations *amidées*, semblables à celles qui réussissent chez la plante adulte ;

4° Des rations d'asparagine (à forte ou à faible dose) accompagnées de sucre, c'est-à-dire formées d'aliments généralement utilisés par les plantes.

Les résultats sont dignes de remarque.

Dans toutes les cultures, les embryons commencent par grandir en développant leurs cotylédons. Mais bientôt s'établissent des différences profondes. En effet, B et E (saccharose, glucose) donnent de fortes plantules atteignant 20^{cm} ou 25^{cm} en 40 jours. L et M (aliments complets, très sucrés et faiblement azotés) se développent aussi rapidement.

Au contraire, C, D, F, G, H, I, K (amides à 0,5 ; peptones et asparagine à 2 et à 0,5 pour 100, avec ou sans sucre) ne présentent aucun développement.

De là ces conclusions générales [1] :

1° Les solutions sucrées sont des aliments de choix pour l'embryon (fait de Lubimenko) ;

2° La solution à 0,5 pour 100 d'amides, aliment de la plante adulte et de la graine, est incapable de nourrir l'embryon ;

3° Ajoutés en petite quantité au sucre, les peptones permettent le développement de l'embryon ; à forte dose (2 pour 100), elles l'arrêtent ;

4° A faible comme à forte dose, les peptones sont incapables à elles seules d'alimenter l'embryon libre ;

---

[1] Les deux premières sont déjà connues par les travaux de Lubimenko (*Comptes rendus*, octobre 1906) et de Lefèvre (*Comptes rendus*, 1908).

5° Les deux lois précédentes s'appliquent à l'asparagine.

Au total : le sucre est l'aliment essentiel de l'embryon ; les matières azotées (peptones, asparagine) à faible dose ne sont que des aliments accessoires. Enfin les amides à 0,5 pour 100 arrêtent le développement de l'embryon et révèlent ainsi une différence profonde entre la nutrition de la phase embryonnaire et celle de la phase post-embryonnaire (1).

BOTANIQUE. — *Les subdivisions phytogéographiques de la Kabylie du Djurdjura.* Note (2) de M. G. **Lapie**, présentée par M. G. Bonnier.

La Kabylie du Djurdjura, limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est et au Sud-Est par l'Oued Sahel, au Sud-Ouest et à l'Ouest par l'Isser et son affluent l'Oued Djemaâ, est comprise dans le *domaine mauritanien septentrional* (3), sauf les sommets du Djurdjura qui appartiennent au *domaine des hautes montagnes atlantiques*.

1° *Domaine mauritanien septentrional.* — La Kabylie est coupée en deux parties inégales par une grande barrière montagneuse (4), s'étendant de l'Est à l'Ouest, et dont le centre est occupé par le Djurdjura. Cette barrière sépare le *secteur numidien,* auquel appartient la Kabylie septentrionale, du *secteur du Tell méridional* dont dépend le sud de la Kabylie.

Cette dernière région, relativement peu étendue, se rattache au *district bouïrien,* mais elle n'en constitue qu'une partie et nous ne préjugerons pas de ses limites en dehors du pays étudié.

La Kabylie septentrionale constitue au contraire, à elle seule, un important district. Le secteur numidien peut, en effet, se subdiviser en trois parties : à l'Ouest, le *district de la Kabylie du Djurdjura;* au Centre le *district de la Kabylie des Babors;* à l'Est *le district bônois* se continuant en Kroumirie.

Le premier présente encore, dans sa partie occidentale, le *Chamærops humilis* L., type des régions plus sèches; par contre un certain nombre

(1) Nutrition amidée de la plante adulte et de la graine (J. Lefèvre, *Comptes rendus*, 1908).

(2) Présentée dans la séance du 1er juin 1909.

(3) *Comptes rendus,* Note du 15 février 1909.

(4) *Comptes rendus,* Note du 4 mai 1908.

d'espèces sont spéciales aux deux autres districts : le *Pinus maritima* Lam. y forme quelques petits massifs et le *Castanea vulgaris* Lam. y subsiste à l'état de traces. Le district bônois, qui possède plusieurs lacs, est remarquable par la présence de beaucoup de plantes européennes [1].

Nous avons spécialement à nous occuper du district de la Kabylie du Djurdjura.

Les formations crétacées qui s'étendent à l'Est, de l'embouchure de l'Oued Sahel (ou Soummam) presque jusqu'au bord de la mer, réduisent sur ce point le secteur numidien à une bande très étroite. Cet étranglement constitue au district étudié une limite orientale assez nette le séparant du district de la Kabylie des Babors.

Vers l'Ouest la Kabylie du Djurdjura s'arrête géographiquement à la limite occidentale du bassin de l'Isser; disons de suite qu'il nous paraît impossible de faire coïncider avec elle la ligne de démarcation des secteurs algérois et numidien qui constitue en même temps la limite occidentale du district de la Kabylie du Djurdjura. Faut-il choisir à sa place la limite orientale du bassin, comme engagerait à le faire l'abondance du palmier nain aussi grande dans la région de l'Isser que dans le secteur algérois? Nous ne le croyons pas et des considérations botaniques nous ont conduit à rejeter cette deuxième limite, marquée d'ailleurs par un relief peu accusé, et à adopter comme ligne de démarcation le cours même de l'Isser : à l'est de celui-ci, en effet, les dunes et les sables pliocènes sont occupés par le Chêne-Liège ou par l'Olivier avec les végétaux qui accompagnent d'ordinaire ces essences; à l'Ouest au contraire apparaît le *Pinus halepensis* Mil. avec les *Juniperus phœnicea* L., *Quercus coccifera* L., *Cistus albidus* L. et quelquefois *Callitris quadrivalvis* Vent., association qu'on ne trouve pas, dans les régions voisines, en Kabylie, et qui est la résultante d'un climat plus chaud dû lui-même à l'éloignement des grands massifs montagneux. Plus au Sud, à l'est des gorges de l'Isser, les affleurements calcaires font apparaître le Chêne vert au milieu des forêts de Chêne-Liège; à l'ouest de ces gorges, c'est généralement le Pin qui se présente dans les mêmes conditions au lieu du *Quercus Ilex* L.

Nous diviserons le district de la Kabylie du Djurdjura nettement délimité, comme il vient d'être dit, en deux sous-districts :

a. Le *sous-district occidental ou du Sebaou* comprend la vallée du Sebaou, une

---

(1) BATTANDIER et TRABUT, *L'Algérie*, p. 17.

partie de celle de l'Isser et la dépression de Boghni-Drà-el-Mizan; c'est une région où les plaines ont une grande importance, les montagnes y sont peu élevées (généralement moins de 1000^m). Les grès de Numidie et les terrains anciens y existent mais les formations miocènes sont surtout développées.

La végétation présente encore des affinités avec le secteur algérois : on rencontre dans une grande partie de cette subdivision le *Chamærops humilis* avec l'*Erophaca bœtica* Bois. Le *Genista ferox* Poir. s'y étend assez loin du littoral tandis qu'il est confiné au bord de la mer dans le deuxième sous-district; le *Vincetoxicum officinale* Mœnch. y fait défaut.

b. Le *sous-district oriental ou des montagnes kabyles* est beaucoup plus accidenté; l'hiver y est plus froid, la saison sèche plus courte; il est surtout constitué par les grès de Numidie, sauf dans la partie occidentale occupée par les terrains cristallophylliens.

Les chênes à feuilles caduques (*Quercus Mirbeckii* D. R. et *Q. Afarès* Pom.), les thyms (*Thymus numidicus* Poir., *Th. kabylicus* Batt.) y sont répandus. Le *Vincetoxicum officinale* Mœnch. existe jusqu'au bord de la mer. L'*Erica scoparia* L. est spécial à ce sous-district, mais les *Phillyrea* et le *Pistacia Lentiscus* L., abondants dans la Kabylie occidentale, font ici presque défaut.

2° *Domaine des hautes montagnes atlantiques.* — Le massif du Djurdjura et celui des Babors, qui présentent en commun le *Sorbus torminalis* Crantz., le *Daphne Laureola* L., le *Pœonia corallina* Retz., le *Physospermum acteæfolium* Presl., l'*Onosma echioïdes* L., etc., constituent le *district du Haut-Atlas kabyle,* mais la flore des deux massifs n'est pas absolument identique, et nous donnerons à chacun d'eux l'importance d'un sous-district.

Les Babors possèdent des espèces qui font défaut dans le Djurdjura; tels sont : le *Populus Tremula* L., l'*Abies numidica* de Lannoy, le *Viburnum Lantana* L., le *Calamintha baborensis* Batt., le *Campanula trichocalycina* Ten., le *Saxifraga baborensis* Batt., l'*Epidemium Perralderianum* Coss., le *Cyclamen repandum* L., le *Lysimachia cousiniana* Coss., etc.

Par contre, sur le Djurdjura croissent les *Isatis Djurdjuræ* Coss., *Leontodon Djurdjuræ* Coss., *Mattia gymnandra* Coss., *Pimpinella Battandieri* Chabert, *Carthamus strictus* Pom., *Rumex obtusifolius* L., *Helianthemum canum* Dunal, *Sedum majellense* Ten., *Erinus alpinus* L., var. *atlanticus; Hieracium humile* Jacq., *Verbascum kabylianum* Deb., *Poa alpina* L. et sa var. *Djurdjuræ, Galium erectum* Huds., *Tragopogon crocifolius* L., etc.

La Kabylie du Djurdjura, grâce à son relief varié et souvent très accentué, grâce aussi à la diversité des formations géologiques qui la constituent, se prête bien, comme on le voit d'après ce qui précède, aux études phytogéographique; pour les mêmes motifs les subdivisions qu'elle comporte sont relativement nombreuses et par suite d'assez faible étendue.

PHYSIOLOGIE. — *Quelques observations relatives aux phénomènes anaphylactiques et en particulier à leur non-spécificité.* Note de M. P. **Delanoë**, transmise par M. A. Chauveau.

1. Jusqu'ici les phénomènes dus à l'anaphylaxie ont été considérés comme spécifiques. Arthus, ici même et dans un article récent publié dans la *Presse médicale,* vient d'apporter des faits qui démontrent, contrairement à l'opinion admise par beaucoup, que l'état anaphylactique n'est pas spécifique.

« Le lapin ovo-anaphylactisé, ou gélatino-anaphylactisé, ou pepto-anaphylactisé, réagit anaphylactiquement à l'injection intra-veineuse de sérum; et inversement, le lapin séro-anaphylactisé réagit anaphylactiquement à l'injection intra-veineuse de gélatine, d'ovalbumine, etc., en général à l'injection intra-veineuse d'une liqueur albumineuse. »

Nous-même, dans diverses publications concernant l'hypersensibilité typhique et l'hypersensibilité tuberculeuse, avons longuement insisté sur le manque de spécificité de la *réaction anaphylactique.*

Contrairement à Kraus (de Vienne), nous avons tout d'abord montré que les cobayes anaphylactisés vis-à-vis du bacille d'Eberth sont également hypersensibles vis-à-vis du *Coli,* des paratyphiques A et B, et même vis-à-vis du *vibrion cholérique* de Schöttmuller!

Il est vrai que les cobayes traités par le bacille d'Eberth sont beaucoup plus hypersensibles, toutes choses étant égales, vis-à-vis de ce bacille que vis-à-vis des autres microbes du groupe *Coli-Eberth;* si bien que, pour mettre en évidence l'inter-anaphylaxie, il faut injecter des doses de bacilles relativement élevées. De nos premières expériences nous avons donc conclu que l'hypersensibilité du cobaye vis-à-vis du bacille d'Eberth tout en n'étant pas rigoureusement spécifique, n'était pas dénuée de toute spécificité.

Depuis lors, d'autres faits expérimentaux qu'il nous a été donné d'observer nous ont montré que, *dans certaines conditions expérimentales,* l'hypersensibilité apparaît comme entièrement dénuée de toute spécificité. Ainsi, 15 *jours* après avoir sensibilisé un lot de cobayes par *une seule* injection intra-veineuse de bacilles d'Eberth égale au quart de la dose mortelle, *alors qu'il n'existait pas encore d'hypersensibilité générale vis-à-vis du bacille typhique, nous avons pu constater l'hypersensibilité la plus nette vis-à-vis du bacille tuberculeux homogène.*

C'est d'ailleurs en nous servant du bacille tuberculeux homogène, soit pour sensibiliser, soit pour révéler l'hypersensibilité acquise, que nous avons

constaté les plus beaux exemples de manque de spécificité de la réaction anaphylactique. Ainsi les cobayes sensibilisés à la suite d'une injection péritonéale de bacilles tuberculeux homogènes peuvent mourir très rapidement, en l'espace à peine de quelques minutes, quand on leur réinjecte une dose suffisante soit de bacilles d'Eberth, soit de *Coli*, soit de *paratyphiques* A ou B, soit même de *sérum de cheval*. Inversement, lorsqu'on injecte le bacille tuberculeux homogène à des cobayes hypersensibilisés par le bacille d'Eberth, le *Coli*, les *paratyphiques* A ou B, on peut obtenir la réaction anaphylactique la plus violente. Mieux encore, en injectant des bacilles tuberculeux homogènes ou des bacilles d'Eberth à des cobayes Th. Smith, nous avons *toujours* pu manifester l'hypersensibilité la plus nette. Il suffit même d'injecter de la toxine diphtérique au cobaye pour le rendre hypersensible vis-à-vis du bacille tuberculeux homogène. Enfin les doses *fortes* de sérum anaphylactisent manifestement vis-à-vis du bacille tuberculeux homogène.

2. C'est une erreur de croire que l'anaphylaxie sérique du cobaye, en se servant du sérum lui-même comme agent de sensibilisation, ne peut être obtenue, ainsi que l'admettent couramment les auteurs, qu'en injectant de faibles doses de sérum, $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{200}$ de centimètre cube (phénomène de Théobalt Smith). Les doses *fortes* de sérum, *du moins dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placé, anaphylactisent aussi bien et aussi sûrement* que les doses faibles. Ainsi en injectant 3^{cm^3} à 5^{cm^3} de sérum antidiphtérique dans les *veines* de huit cobayes neufs d'un poids moyen de 500^g à 600^g, nous avons obtenu, 21 jours après, les phénomènes anaphylactiques les plus violents lors d'une réinjection de sérum égale au plus à $\frac{1}{4}$ de centimètre cube. L'anaphylaxie sérique du cobaye ne doit donc plus être considérée comme engendrée uniquement par des doses faibles de sérum. *Les doses fortes hypersensibilisent autant, sinon plus, que les doses faibles*. La remarque est d'importance, si l'on pense que certains auteurs, et non des moindres, ont édifié des théories relatives au mécanisme de l'hypersensibilité sérique justement en prenant pour base le fait, considéré jusqu'ici comme *capital*, que seules des doses faibles sont hypersensibilisantes.

3. A la suite de certaines considérations théoriques, nous avons été amené à faire des injections intra-veineuses d'*électrargol* isotonisé et stabilisé (5^{cm^3}-10^{cm^3}) à des cobayes en état d'hypersensibilité sérique. *Ces injections ont toujours été bien tolérées*. Elles amenaient en 5 à 10 minutes une baisse notable de la température, suivie 1 ou 2 heures après d'une ascension thermique manifeste. Chose curieuse, le cobaye, *en état de réaction fébrile*, est manifestement désensibilisé. En termes nets, on peut désanaphylactiser

les cobayes en état d'hypersensibilité sérique, *sans leur faire courir le moindre risque*, en leur injectant dans la circulation générale 5^{cm^3}-10^{cm^3} d'électrargol. Ces constatations expérimentales nous paraissent importantes, car peut-être serait-il possible de s'opposer chez l'homme à l'apparition des accidents sériques en faisant précéder les injections de sérum d'une injection d'électrargol.

La désensibilisation consécutive à une injection d'électrargol est essentiellement *passagère*. 12 heures après, *alors que la température est revenue à la normale*, elle n'existe plus.

PHYSIOLOGIE. — *Effets du chocolat et du café sur l'acide urique et les purines.* Note de M. PIERRE FAUVEL, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans des Communications précédentes (1) j'ai montré que l'ingestion de caféine et de théobromine, sous forme de café noir et de chocolat, augmente fortement l'excrétion des purines urinaires, mais diminue notablement l'excrétion de l'acide urique, tout en paraissant exercer une action favorable sur sa solubilité, l'urine traitée par HCl ne donnant plus aucun précipité d'acide urique.

Lors de mes premières recherches, je m'étais demandé si la diminution de l'acide urique n'était pas due à une légère rétention. Cette hypothèse m'avait été suggérée par l'augmentation de l'excrétion urique produite alors par l'ingestion de 3^g de salicylate de soude. Mes recherches ultérieures sur l'action du salicylate m'ont montré que cette drogue, à cette dose, provoque une augmentation *passagère* de l'acide urique, *suivie d'une diminution correspondante le lendemain*. Cet effet se produit même lorsque l'excrétion urique est depuis longtemps réduite au minimum d'origine endogène. Cette augmentation passagère n'est pas l'indice d'une rétention préalable.

Depuis j'ai refait de très nombreuses expériences avec le café et le chocolat, pris ensemble ou isolément, au régime avec ou sans purines, et j'ai toujours observé l'augmentation des purines urinaires et la diminution de l'acide urique.

J'ai réuni dans un diagramme huit de ces expériences, et l'allure des deux courbes qui s'écartent brusquement l'une de l'autre est très caractéristique.

(1) *Comptes rendus*, 18 juin 1906. — *C. R. Soc. Biol.*, 16 mai 1908.

Néanmoins, on m'a fait les objections suivantes : 1° les expériences ne portent que sur un petit nombre de jours; 2° l'excrétion n'a pas été observée pendant les jours suivants.

Si, faute de place, dans des Notes succinctes, je n'ai pu donner les chiffres correspondant aux jours suivants, il ne faut pas en conclure, cependant, que l'excrétion n'a pas été suivie. Ainsi, la première expérience de 1906 fait partie d'une série d'observations portant sur 45 jours consécutifs. Dans toutes les expériences, l'excrétion a été suivie au moins jusqu'au moment où elle est redevenue normale, ce qui, d'ailleurs, a lieu très rapidement.

En ce qui concerne la durée des expériences, je ferai remarquer que les unes ont été faites alors que le sujet suivait depuis un an ou deux un régime sans purines, tandis que d'autres ont eu lieu à des époques où l'usage du café et du chocolat avait été repris depuis plusieurs mois.

Or, dans tous les cas, si le sujet est remis ensuite au régime strictement sans purines, on voit très rapidement les purines et l'acide urique revenir au taux normal de l'excrétion d'origine endogène. S'il y avait rétention préalable, on verrait l'acide urique augmenter progressivement, puis diminuer ensuite, au bout d'un temps assez long, après liquidation complète du stock accumulé dans l'organisme.

Voici la nouvelle expérience de longue durée que j'ai faite avec le même sujet que précédemment, végétarien en excellente santé et dont l'excrétion urique, contrôlée depuis 5 ans par près de 400 analyses, est normale et bien connue. Son excrétion minima, d'origine endogène, au régime strictement sans purines est, en moyenne et en chiffres ronds, de 0g,320 pour l'acide urique, 0g,110 pour les purines (total : 0g,430).

Excrétion minima d'origine endogène.

Année.	Acide urique.	Purines.	Total.
1905	0,340	0,120	0,460
1906 (20 jours)	0,318	0,088	0,406
1906	0,349	0,151	0,500
1907 (20 jours)	0,299	0,087	0,386
1908 (31 jours)	0,292	0,101	0,393
1908 (6 jours)	0,324	0,101	0,425
1909 (24 jours)	0,326	0,104	0,430
Moyenne	0,321	0,109	0,430

Pendant *un an* le sujet a consommé tous les jours du chocolat et du café noir. Pendant les cinq derniers mois, la consommation quotidienne du

chocolat a été portée à 80g-100g avec une tasse de café noir. L'excrétion était alors : acide urique, 0g,250; purines, 0g,435; total, 0g,690.

Le sujet a été mis alors brusquement au régime, strictement végétal et sans purines, adopté dans les expériences précédentes et comportant 38g à 42g d'albumine et 2200cal. Dès le troisième jour, l'excrétion revient au chiffre d'origine endogène : acide urique, 0g,304; purines, 0g,116; total, 0g,420. La moyenne des 24 jours consécutifs, sans purines, est de : acide urique, 0g,326; purines, 0g,104; total, 0g,430. Or, à la même époque, en 1908, *après 5 mois de régime sans purines,* la moyenne des six premiers jours, au régime identiquement le même, était : acide urique, 0g,324; purines, 0g,101; total, 0g,425.

	Volume.	Acidité en SO^4H^2.	Urée.	Albumine ingérée.	Xantho-uriques.	Purines.	Acide urique.	Acide urique par HCl.	P^2O^5.
Chocolat 100g, café 1 tasse, moy. 4 jours.	1400	1,80	18,96	65-70	0,690	0,435	0,255	0,0	2,18
Sans purines....	1350	1,28	15,30	38	0,472	0,152	0,320	0,0	1,90
Sans purines....	980	1,15	12,48	38	0,420	0,116	0,304	0,0	1,45
Sans purines, moy. 24 jours.	873	1,15	12,89	42	0,430	0,104	0,326	0,0	1,46
Chocolat 100g, café 1 tasse.	1150	1,44	14,64	47	0,630	0,432	0,198	0,0	1,83
Sans purines....	750	1,45	10,89	42	0,514	0,300	0,214	0,0	1,58
Sans purines....	630	1,10	10,88	42	0,452	0,155	0,307	0,0	1,40
Sans purines....	900	1,05	12,17	42	0,420	0,120	0,300	0,0	1,42
Haricots 200g, moy. 10 jours.	796	0,84	14,83	75	0,482	0,066	0,416	0 à 0,075	1,50
Chocolat 100g, café 1 tasse.	990	1,15	16,97	80	0,672	0,217	0,465	0,0	1,75
Sans purines....	550	1,55	14,73	42	0,483	0,245	0,248	0,0	1,50
Sans purines....	850	1,45	13,24	42	0,357	0,176	0,281	0,0	1,40
Sans purines....	600	1,35	13,13	42	0,404	0,104	0,300	0,0	1,50

Le sujet prend alors 100g de chocolat et une tasse de café noir, sans rien changer par ailleurs au régime. Les purines remontent brusquement à 0g,432; *l'acide urique tombe à* 0g,198. Deux jours après, l'acide urique est revenu au chiffre normal de 0g,307 et le troisième jour les purines sont revenues à 0g,120.

Le sujet est mis alors à un régime comportant 200g de haricots (pesés secs), aliment riche en purines. La moyenne de 10 jours consécutifs nous donne :

acide urique, $0^{g},416$; purines, $0^{g},066$; total, $0^{g},482$. L'action de ces purines est inverse de celle des méthylxanthines : l'acide urique augmente fortement et précipite, tandis que les purines diminuent. On donne alors en plus 100^{g} de chocolat et une tasse de café. L'augmentation des purines est immédiate, mais l'acide urique ne diminue que le lendemain (peut-être par un retard dans l'assimilation du chocolat). On revient alors au régime sans purines et, dès le troisième jour, l'excrétion est revenue au minimum d'origine endogène : acide urique, $0^{g},300$; purines, $0^{g},104$; total, $0^{g},404$.

Conclusions. — *Chez l'homme sain, au régime végétarien, le chocolat et le café augmentent l'excrétion des purines, diminuent l'excrétion de l'acide urique et empêchent la précipitation de ce dernier.*

Cette diminution de l'excrétion urique n'est pas due à une rétention dans l'organisme.

Même après une consommation assez considérable de chocolat et de café, prolongée pendant un an, l'excrétion urique revient rapidement au minimum d'origine endogène, et s'y maintient dès que le régime sans purines est repris.

Il reste à vérifier si l'on n'obtiendrait pas des résultats différents avec un régime fortement carné.

PHYSIOLOGIE APPLIQUÉE. — *Problème de la vision cinematographique sans scintillements.* Note de M. **C. de Proszynski**, présentée par M. Dastre.

Quand on regarde un objet qui est éclairé de façon que la lumière subisse des occultations dont la fréquence ne dépasse pas une certaine limite, on a la sensation de tremblotement, « de scintillement ». Ces scintillements se rencontrent le plus souvent dans la photographie animée.

Dans la photographie animée, les images se succèdent ordinairement au nombre de 14 à la seconde en moyenne et d'une telle manière que chacune d'elles stationne un moment court devant l'objectif et se trouve ensuite remplacée par l'image suivante. Les scintillements sont occasionnés par un obturateur qui masque la lumière au moment précis de chaque déplacement. Cet obturateur peut avoir la forme d'une palette qui tourne autour d'un axe fixe à la vitesse correspondante au nombre des images (14 tours à la seconde en moyenne).

On cherche depuis longtemps à supprimer ces scintillements. Les personnes qui s'appliquent à résoudre ce problème se basent souvent sur l'hypothèse aux termes de laquelle l'agent principal de la suppression de ces

scintillements est la persistance de l'excitation subie par les organes visuels, excitation qui survit à la disparition de la cause.

Me basant sur cette même hypothèse, j'ai essayé de résoudre le problème susdit en employant les moyens suivants :

1° En tâchant de remplacer une image par l'image suivante le plus rapidement possible, afin de réduire la durée de l'obturation ;

2° En employant un écran phosphorescent pour réduire la diminution de l'intensité lumineuse due aux obturations ;

3° En intercalant plusieurs palettes supplémentaires moins larges que la principale et disposées méthodiquement de différentes manières.

J'ai fait ces derniers essais, par suite de la supposition qu'il existait une combinaison de dimensions de palettes produisant moins de scintillements que toutes les autres combinaisons ayant le même nombre et soumises aux mêmes conditions d'éclairage, etc., mais dans lesquelles la persistance n'est pas prise en ligne de compte. Tous ces essais non couronnés de succès me font supposer que l'effet de la persistance dans les cas qui nous occupent est insignifiant au point qu'il faut le considérer pratiquement comme nul.

Le bien fondé de cette supposition est justifié par l'expérience suivante :

J'ai placé sur un disque tournant plusieurs palettes de largeurs différentes et disposées de façon à produire au moins cent excitations à la seconde, de différentes intensités. Ces palettes étaient espacées de façon que chaque excitation fût suivie d'une obturation judicieusement proportionnée à l'excitation susdite. De cette manière, on pourrait aboutir à un résultat tel que l'effet de la persistance dans tous ces cas fût par exemple identique ou, plus généralement, favorable à la réduction des scintillements. On devrait obtenir ainsi une grande réduction des scintillements. Or, ces essais n'ont abouti à aucun résultat appréciable.

La manière la plus simple de prouver l'exactitude de ce qui précède consiste à choisir un rapport quelconque entre les excitations et les obturations qui les suivent, et à tourner le disque d'abord dans une direction et ensuite dans la direction opposée en conservant la même vitesse.

Dans le premier cas, les obturations sont proportionnées aux intensités des excitations qui les précèdent; dans le dernier cas, cet ordre de choses se trouve renversé d'une façon très défavorable au point de vue de l'effet de persistance. On était en droit, dans ce dernier cas, de s'attendre à ce que les scintillements fussent plus forts que dans le premier cas. Or, la différence est nulle. Ceci prouve qu'il est inutile de chercher la suppression des scintillements en se basant sur l'effet de persistance.

On ne peut résoudre ce problème qu'en admettant que la suppression complète des scintillements est due uniquement à la régularité et à la fré-

quence des excitations, de même que la continuité du son est due à la régularité et à la fréquence des vibrations sonores.

La solution est simple. Il suffit dans notre cas (de 14 tours de l'obturateur à la seconde) d'intercaler dans chaque intervalle de ces 14 obturations 3 obturations secondaires, *identiques* au point de vue de la durée et de la distance. On aura de cette manière à la seconde 56 obturations identiques, et ce nombre est nécessaire et suffisant pour supprimer complètement les scintillements, quelles que soient les conditions de l'intensité de la lumière.

Il n'est pas inutile de faire remarquer, au point de vue purement pratique, que l'obturateur ne tourne jamais uniformément dans un appareil de ce genre : au moment du déplacement de l'image, il ralentit légèrement sa marche. Ceci oblige à faire les obturateurs secondaires plus larges que les principaux et à les espacer en tenant compte de cette différence de vitesse.

L'intercalation de ces trois palettes secondaires exigeant une rapidité de remplacement des images très considérable, il m'a fallu surmonter l'obstacle que constitue l'inertie des organes en mouvement. La combinaison mécanique et les calculs qui m'ont permis de résoudre cette partie du problème ont été exposés ailleurs (Société Française de Physique, le 19 février 1909).

MÉDECINE. — *Traitement des nœvi par l'électrolyse et le radium combinés.* Note de M. **Foveau de Courmelles**, présentée par M. d'Arsonval.

Les longues irradiations de sels de radium à 1 000000 ou 1 500000 activités sont nécessaires pour la disparition des nœvi; mais on peut vulgariser ce traitement efficace en faisant de l'électrolyse positive par aiguilles multiples avant l'application du radium qui peut devenir simplement un vernis radifère, 5^{mg} à 100000. Alors que le bromure de radium $0^{g},05$ à 1000000 à travers l'aluminium, ne donnait qu'une petite desquamation épidermique après 5, 8 ou 10 jours, et que l'électrolyse seule n'en donne nullement, par la combinaison des deux méthodes et avec 5^{mg} de bromure de radium en vernis à 100000, on obtenait, 3 ou 4 jours après, une squame épaisse, une escarre.

Par comparaison avec un grand nombre de cas traités simplement par les sels de radium, ou par des régions sur le même individu soumises au radium seul, ou au radium et à l'électrolyse, on peut dire qu'on diminue ainsi de

moitié la durée du traitement en général. On a ouvert les pores de la peau et permis la pénétration plus complète des rayons α, β et γ et surtout des rayons α dont l'activité thérapeutique habituellement négligée serait ainsi utilisée. L'inclusion dans les tumeurs de sels de radium donne aussi des résultats plus rapides que l'application externe.

HISTOLOGIE. — *Sur la signification des* Rhabdospora, *prétendus Sporozoaires parasites des Poissons.* Note de MM. **L. Léger** et **O. Duboscq.**

Les divers Traités sur les Sporozoaires signalent le *Rhabdospora Thelohani* Laguesse comme une Coccidie extrêmement commune dans les Poissons de mer et d'eau douce. D'après Labbé (*Sporozoa* Tierreich), le parasite se présente sous la forme d'un petit kyste ovoïde, intracellulaire, renfermant à côté d'un reliquat polaire un faisceau de petits sporozoïtes filiformes, renflés et colorés à une extrémité. On ne sait du reste rien de plus sur la formation et le sort de ces singuliers éléments, répandus dans les organes les plus variés des Poissons (intestin, foie, pancréas, rein, rate, tissu conjonctif de l'ovaire, branchies).

Pensant qu'il pouvait s'agir d'un Sporozoaire hétéroïque, nous avons entrepris l'étude de ces organismes. L'observation et la comparaison des formes qu'ils présentent dans divers Poissons nous ont convaincus qu'il ne s'agit pas là d'un parasite, mais bien d'un élément histologique normal, cellule glandulaire à sécrétion figurée en forme de rhabdites.

Tout d'abord, faisons remarquer que le prétendu reliquat kystique qui accompagne toujours les bâtonnets est en réalité un noyau normal et qu'il faut tenir pour inexacte la figure donnée par Labbé, qui représente dans une cellule épithéliale un kyste rempli de germes et dépourvu de noyau.

L'épithélium intestinal de la Rascasse (*Scorpœna porcus* L.) nous fournit un excellent matériel pour l'étude de ces éléments.

On les rencontre là très nombreux et épars comme les cellules muqueuses parmi les cellules épithéliales ordinaires. Ce sont d'abord des éléments ovoïdes mesurant 15^{μ} à 16^{μ} dans leur plus grand diamètre. Leur paroi très nette, épaisse et rigide, est percée d'une petite ouverture en entonnoir du côté de la lumière intestinale. Au pôle opposé un noyau ovoïde, souvent un peu déprimé, occupe le fond de la cellule. Dans ce noyau, pourvu d'un petit nucléole, la chromatine est répartie en grains réguliers sur un réseau et la paroi est légèrement chromatique. Il n'est pas possible de mettre en doute la valeur nucléaire de cet élément que Labbé interprète comme un reliquat. Le reste de la cellule montre dans un suc hyalin coagulable les corpuscules qui ont été regardés

à tort comme des sporozoïtes. Ils sont ovoïdes ou fusiformes et se prolongent en un grêle filament jusqu'à l'orifice. Dans des préparations très bien différenciées par la méthode de Prenant (fer, éosine, lichtgrün), on ne voit pas d'élément sidérophile dans les corpuscules, mais on distingue la partie filamenteuse colorée en rouge de la partie renflée qui se colore en vert comme le mucus. On obtient une différenciation analogue par la méthode de Mann.

Chez le Vairon (*Leuciscus phoxinus* L.), les cellules à rhabdites ont le même aspect que chez la Rascasse, mais elles sont moins grandes (11^{μ}) et moins nombreuses. Elles ne sont guère différentes chez les *Dentex* et les *Crenilabrus*, tandis que chez *Ammodytes tobianus* les rhabdites ne paraissent pas montrer de renflements et sont des bâtonnets effilés.

Les cellules à rhabdites terminent leur évolution à la façon d'une cellule muqueuse, comme on le voit bien dans la Rascasse. En vieillissant elles s'étirent en un long goulot cylindrique qui s'ouvre largement à la surface de l'épithélium et par lequel peut sortir la sécrétion figurée. Leur noyau atteint de chromatolyse se condense en une masse acidophile au centre, basophile à la périphérie, et souvent à la période ultime il s'étire et s'étrangle. Parfois aussi il s'étrangle et même subit une division amitotique avant de dégénérer.

Malgré leurs affinités avec les cellules muqueuses, les cellules à rhabdites en sont essentiellement distinctes. Et après ce que nous venons de dire il est superflu de discuter leur nature parasitaire. Du reste, un exposé rapide de la bibliographie de la question montrera que tous les auteurs ne les ont pas pris pour des parasites.

Thélohan (1892) vit le premier dans divers tissus des Poissons d'eau douce (Perche, Épinoche, Vairon, Tanche, Ablette, Carpe) des éléments ovoïdes à enveloppe épaisse possédant un noyau à un pôle et un faisceau de bâtonnets dans le reste de la cellule. Il n'hésita guère sur leur nature et les classa dans les Coccidies à côté des *Eimeria*. Laguesse, qui les avait rencontrés simultanément dans le Crénilabre, adopta l'opinion de Thélohan, auquel il avait communiqué ses observations, et, en 1895, après avoir pris l'avis de Henneguy, il proposa le nom de *Rhabdospora Thelohani* pour ces prétendues Coccidies. Labbé (1896), les retrouvant dans plusieurs Poissons de mer, vient encore appuyer l'interprétation de Thélohan en regardant le noyau de ces éléments comme un reliquat hystique. Depuis lors, les divers Traités sur les Sporozoaires placent le genre *Rhabdospora* dans les Coccidies.

En 1906, Marianne Plehn, sans penser aux *Rhabdospora*, décrit manifestement les mêmes formations dans les tissus de nombreux Poissons d'eau douce et les désigne sous le nom de *Stabchendrüsenzelien*. Elle ne s'est pas arrêtée à l'idée de cellule parasitaire, et, quoiqu'elle n'ait pu établir toute leur évolution, elle ne doute pas que ces cellules soient des éléments normaux des tissus. Nos observations nous permettent maintenant d'affirmer que l'interprétation de Marianne Plehn est exacte et, de plus,

que les cellules à rhabdites ne sont pas autre chose que les *Rhabdospora* de Thélohan et Laguesse.

En conséquence, le *Rhabdospora Thelohani* Laguesse doit disparaître de la Systématique.

Nous nous apercevons un peu tard que nous tenons compte seulement de la première Note de Marianne Plehn (*Anat. Anz.*, n°s 7 et 8, Band. XXVIII) et que nous ignorions et la réplique de Laguesse et la réponse de Marianne Plehn parues la même année dans le même journal. Cette polémique enlève à notre Communication une partie de sa raison d'être, mais ne peut que nous engager à maintenir nos conclusions.

ZOOLOGIE. — *Sur les Madréporaires des îles San-Thomé et du Prince (golfe de Guinée).* Note de M. **Ch. Gravier**, présentée par M. E. Perrier.

Les Madréporaires sont incomparablement plus développés dans l'océan Indo-Pacifique que dans l'Atlantique. Pour Darwin et pour Dana, il n'y avait, dans ce dernier, que les récifs des Indes occidentales et des Bermudes.

Au cours de la mission scientifique qui m'a été confiée à San-Thomé (golfe de Guinée) en 1906, j'ai recueilli à l'état vivant, sur la côte, à mer basse, les espèces suivantes : *Mœandra cerebrum* (Ellis et Solander), *Favia fragum* Esper, *Siderastrea radians* (Pallas) et *Porites Bernardi* [nov. sp. (1)]. En outre, le Musée Barboza du Bocage, de Lisbonne, possède un exemplaire d'*Orbicella annularis* Dana var. et trois autres d'*Oculina arbuscula* Agassiz, rapportés, le premier de l'île du Prince, les derniers de San-Thomé par le voyageur naturaliste Fr. Newton.

Ces six espèces appartiennent à cinq familles différentes (*Mœandridæ, Agaricidæ, Poritidæ, Orbicellidæ, Oculinidæ*) et les deux espèces de *Mœandridæ* se rangent dans deux sous-familles distinctes. Quatre de ces espèces sont plus ou moins répandues aux Antilles et existent même aux Bermudes; ce sont : *Mœandra cerebrum, Favia fragum, Orbicella annularis* et *Siderastrea radians;* la seconde, *Favia fragum,* vit également aux îles du Cap-Vert; une autre espèce, *Oculina arbuscula,* n'a été signalée jusqu'ici que dans les récifs de la Floride; enfin, la sixième espèce, le *Porites Bernardi,* n'est connue jusqu'ici qu'en Afrique occidentale. En dehors des colonnes que j'ai prises

(1) Espèce dédiée à Henry-M. Bernard, du British Museum, auteur d'une magistrale Étude du genre *Porites*.

moi-même à San-Thomé, il existe, dans les collections du Muséum d'Histoire naturelle, trois exemplaires de la même espèce qui ont été rapportés du Gabon par M. Aubry Lecomte en 1853.

Les Madréporaires que j'ai pu observer sur place, en pleine activité, à San-Thomé, y vivent dans des conditions biologiques spéciales qui retentissent sur les caractères généraux des colonies éminemment plastiques que forment ces Polypes; leur étude fait l'objet d'un Mémoire accompagné de neuf planches, qui sera publié prochainement.

L'abondance des Polypiers morts, mais en excellent état de conservation, et des Mollusques à test épais, caractéristiques des récifs (Spondyles, Chames, Arches, etc.) est telle en certains points de la côte à San-Thomé, que le calcaire qu'ils fournissent sert à alimenter les fours à chaux de Porto-Alegre et de l'îlot des Tourterelles (Ilheu das Rolas). C'est la seule source de production de la chaux dans l'île, qui est essentiellement volcanique.

Si l'on ajoute à la liste précédente les trois espèces de *Porites* des îles du Cap-Vert, des collections du British Museum (Londres), dont deux ont été trouvées par les naturalistes de l'expédition du *Challenger,* et un *Siderastrea* du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, provenant de la côte du Sénégal, près de l'embouchure de la Gambie, décrit par Milne-Edwards et Haime sous le nom de *Siderastrea senegalensis,* on voit que l'Afrique occidentale ne paraît pas aussi dépourvue de formations coralliennes que l'ont affirmé Darwin et Dana.

Il est incontestable, toutefois, que les Polypes coralliaires sont relativement peu développés sur la côte occidentale d'Afrique et, d'une manière générale, dans l'Atlantique oriental. Mais si l'on tient compte des diverses espèces trouvées à l'embouchure de la Gambie, sur la côte de Sierra-Leone, au Gabon, à San-Thomé et à l'île du Prince (et il est à présumer que des recherches ultérieures feront connaître la présence de ces *Zoophytes* en d'autres points), il est vraisemblable d'admettre qu'il existe çà et là dans cette région du globe des récifs peu étendus, constamment immergés, de l'ordre de ceux que les auteurs anglais appellent des *Coral patches.* A part la *Valdivia* (Tiefsee-Expedition, 1898-1899) qui a traversé simplement le golfe de Guinée en contournant l'Afrique, aucune grande expédition scientifique n'a dirigé ses investigations dans cette partie de l'Atlantique, où l'on trouverait à coup sûr des matériaux d'un haut intérêt.

Les Polypes coralliaires qui vivent dans l'Afrique occidentale prospèrent dans les récifs de la mer des Antilles; ils paraissent constituer un groupe formé par les espèces les plus résistantes qui, comme celui des Bermudes, et

en s'appauvrissant davantage, se serait détaché des Indes occidentales. Mais, si l'on tient compte de la distance considérable qui sépare les Antilles du golfe de Guinée, de la brièveté de la vie pélagique chez ces animaux et de la direction des courants marins de l'Atlantique tropical, on ne peut songer à admettre que ces constructeurs de récifs proviennent directement des formations coralliennes des Indes occidentales. Quoi qu'il en soit, l'origine de cette faune de Madréporaires du golfe de Guinée pose des problèmes qui intéressent à la fois la Zoogéographie et la Géologie.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Contribution à l'analyse expérimentale des processus de fécondation chez les Amphibiens.* Note [1] de M. É. BATAILLON, présentée par M. Yves Delage.

La membrane de l'œuf ne saurait être considérée comme un obstacle au passage des spermatozoïdes chez des formes où elle préexiste à la fécondation. J'invoquerai donc plutôt les propriétés des fluides éliminés qu'un obstacle mécanique, pour interpréter soit l'impossibilité de féconder l'œuf parthénogénésique entouré d'une membrane, soit même la monospermie ordinaire. Dans ses expériences sur *Strongylocentrotus,* Fischel a signalé le gonflement extraordinaire des nombreux spermatozoïdes accumulés sous l'enveloppe. Sur l'œuf de *Pelodyte* mis en branle par le sperme de *Triton alpestris,* un grand nombre d'éléments mâles se retrouvent comme agglutinés au même niveau. Je me suis assuré que l'élimination par laquelle l'œuf réagit contre cette espèce de viol élémentaire rend fatale l'évolution dans la voie parthénogénésique.

L'imprégnation par le sperme de Triton étant réalisée depuis 45 minutes, *tous* les œufs ont effectué leur rotation, indice que l'opération est parfaitement réussie : les témoins vierges restés dans l'eau ont une orientation quelconque. Je soumets au sperme de *Pelodyte* le matériel actionné et sur lequel s'achève la deuxième cinèse polaire : le récipient a été, au préalable, soigneusement égoutté. La première segmentation, à la température de 19°, devrait apparaître en 2 heures 30 minutes au maximum. 3 heures 30 minutes s'écoulent sans qu'elle se dessine, et c'est alors seulement qu'on observe l'émiettement uniforme, mais irrégulier, dû à l'imprégnation par le Triton. A ce résultat négatif on pourrait objecter la faible durée de la fécondabilité dans l'eau, enregistrée pour les pontes de *Rana fusca.* La première fécondation ne peut être faite sans eau; et, par cette condition seule, la deuxième serait annulée. Heureusement, les œufs

[1] Présentée dans la séance du 24 mai 1909.

de *Pelodyte* supportent beaucoup mieux l'immersion que ceux de Grenouille. Ce fait tient-il à l'épaisseur moindre et à la plasticité plus grande de la gangue? Peu importe.

Les témoins vierges de la même opération sont imprégnés avec le sperme de leur espèce, non pas après 45 minutes d'imbibition, mais au bout d'un temps double : 1 heure 30 minutes. 2 heures 30 minutes plus tard, ils se divisent normalement alors que les autres, bien qu'ayant subi leur deuxième traitement depuis 3 heures 15 minutes, ne montrent pas encore trace d'incision. Les témoins fécondés donneront des larves; les autres ne sortiront pas des limites ordinaires de l'évolution abortive.

Ainsi l'œuf réagit au contact illégitime qu'il a subi en rejetant sur les spermatozoïdes étrangers un exsudat qui les immobilise; mais cette cuirasse fluide lui interdit même l'amphimixie pure : il est condamné à un vain simulacre de parthénogenèse. Cette façon de voir cadre bien avec le peu qu'on sait sur les *conditions de la polyspermie provoquée. Ces conditions, je les ai réalisées sur l'œuf de* Rana fusca.

Chauffons les œufs vierges à sec à 36° pendant 15 minutes; puis imprégnons-les. Un examen superficiel nous amène à deux remarques intéressantes :

1° L'orientation des œufs fécondés dans l'eau se fait très lentement et très imparfaitement; 2° jamais les œufs traités ne montrent d'incisions avant que les témoins non chauffés soient segmentés en quatre.

La division se produit alors, très irrégulière, comme un début de parthénogenèse. Mais elle en diffère parce qu'elle porte sur la totalité des œufs non altérés et parce qu'en général l'émiettement va plus loin. Du reste, l'étude cytologique ne permet pas la confusion. Les traînées pigmentaires d'imprégnation, avec leur pronucléus mâle et leur spermaster, s'aperçoivent de très bonne heure sur les coupes. Au bout de 1 heure ou 1 heure 30 minutes j'en ai compté jusqu'à quatre sur le même œuf.

Ici *le lien qui existe normalement entre l'imprégnation et l'élimination se trouverait relâché. L'œuf, frappé de rigidité thermique, ne réagirait plus avec la même précision ni la même énergie.*

Mais la contraction libératrice des fluides est-elle toujours synchrone du tassement hyaloplasmique centré répondant à un ou plusieurs asters? L'œuf de *Pelodyte,* actionné par le sperme de Triton ([1]), s'oriente, achève sa deuxième cinèse polaire, modifie l'équilibre physique de son plasma en moins de 45 minutes. Les asters n'apparaissent que beaucoup plus tard, à la première division régie par le pronucléus femelle. *La réaction de l'œuf au contact du sperme n'est donc pas forcément liée à l'apparition d'un spermaster.*

L'imbibition de la tête de spermatozoïde, réalisant une certaine déshy-

---

([1]) E. Bataillon, *Imprégnation et fécondation* (*Comptes rendus,* 11 juin 1906).

dratation, sera-t-elle le *primum movens,* l'amorce de ce que j'ai appelé provisoirement la *contraction?*

Il faut bien reconnaître que l'action immédiate de l'élément mâle ne se laisse pas facilement réduire à un phénomène physique aussi simple. Dans la fécondation pure, l'orientation de l'œuf peut se produire très rapidement, bien avant que le pronucléus mâle soit constitué. Mais, comme il acquiert ensuite sa forme vésiculaire, on pourrait imaginer un gonflement progressif insaisissable à l'origine. Or, l'interprétation devient caduque quand, dans le croisement $\frac{\textit{Tr. alp.} ♂}{\textit{Bufo cal.} ♀}$, le noyau fécondateur se retrouve, avec son allure primitive, plus de 3 heures après l'imprégnation. C'est la tête spermatique engagée à l'extrémité d'une sorte de tunnel, sur les parois duquel s'est tassé le pigment noir. Elle a gardé sa forme étirée et son homogénéité sous les colorants. Son *mittelstück* ne s'est pas porté en avant; il reste tourné vers l'extérieur. Son calibre maximum (2^{μ} au lieu de $1^{\mu},5$) indique qu'elle commence à s'altérer, et l'on ne la retrouvera plus aux stades ultérieurs. Du reste, le pronucléus femelle en mouvement prépare déjà la première figure de division.

Ici, comme dans la combinaison $\frac{\textit{Triton alp.} ♂}{\textit{Pelodytes p.} ♀}$, la conjugaison nucléaire n'a pas lieu. Mais, l'œuf réagissant plus lentement, *plusieurs* spermatozoïdes peuvent le pénétrer et fournir des traces plus longues et plus nettes.

En tout cas, la morphologie des têtes spermatiques, intacte après plusieurs heures, ne permet plus de considérer le gonflement du pronucléus mâle comme l'origine nécessaire d'une série de processus depuis longtemps commencée.

Y a-t-il un rapport entre la libération des fluides et l'émission du deuxième globule polaire? L'imbibition des pôles de la figure cinétique, condition du renversement des courants à l'anaphase, trouverait là une origine fort acceptable.

Dans la polyspermie consécutive à la rigidité thermique, cette cinèse ne s'achève pas. Mais il pourrait y avoir là une indication trompeuse.

Je considère la régression du système achromatique comme un effet direct de la température; il y a là, en réalité, superposition de parthogenèse et de fécondation.

En résumé, la *réaction propre de l'œuf, qui expulse certains fluides,* paraît être la condition initiatrice de tout développement complet ou abortif. J'admets *un rapport direct entre cette réaction et l'achèvement de la deuxième division polaire, entre les propriétés des fluides exsudés et la monospermie.* Mais d'autres phénomènes synchrones ou consécutifs peuvent être dissociés expérimentalement. *Le processus essentiel ne dépendrait nécessairement ni de l'afflux de l'eau extérieure, ni de l'apparition immédiate du spermaster ou d'asters artificiels, ni de l'imbibition du pronucléus mâle.*

PALÉONTOLOGIE. — *Le squelette du tronc et des membres de l'Homme fossile de La Chapelle-aux-Saints.* Note de M. **Marcellin Boule**, présentée par M. Edmond Perrier.

J'ai fini par rassembler les éléments de reconstitution d'une grande partie du squelette du tronc et des membres de l'Homme de La Chapelle-aux-Saints. Certains de ces os offrent des particularités morphologiques dont l'exposé succinct servira de complément aux deux Notes que j'ai déjà présentées à l'Académie sur la tête osseuse et la capacité cérébrale de l'intéressant fossile humain de la Corrèze.

D'une manière générale, l'ensemble du squelette, composé d'os relativement courts et épais, avec des insertions musculaires puissantes, présente les caractères d'une grande robusticité. Ses diverses parties se rapprochent extraordinairement des mêmes parties des squelettes de Néanderthal et de Spy, ce qui confirme l'unité et l'homogénéité du groupe.

Je possède dix-huit vertèbres, les unes entières, les autres brisées. Elles sont remarquables, surtout les cervicales, par la faible longueur (ou épaisseur dans le sens antéro-postérieur) de leurs corps, ce qui concorde avec la faible stature du sujet et dénote un cou remarquablement court. L'atlas a des cavités glénoïdes longues, peu concaves, en rapport avec les dimensions et la faible convexité des condyles occipitaux; une telle conformation n'était pas pour favoriser les mouvements de flexion de la tête. Les apophyses épineuses des autres vertèbres cervicales sont moins couchées et leur bifurcation paraît moins accusée que chez l'Homme actuel.

Les côtes sont fortes, épaisses, à section transversale peu aplatie.

Les deux humérus sont presque complets; le gauche est notablement plus faible que le droit. Celui-ci est un os court (longueur totale : $0^{m},313$), trapu, aux têtes volumineuses, à la diaphyse très droite. Son indice de robusticité atteint 22,4. Son angle de torsion n'est que de 148°. A la tête inférieure, la trochlée est peu oblique, les parties saillantes des surfaces articulaires sont peu accentuées, le condyle est peu convexe; il n'y a pas de perforation olécranienne; l'épitrochlée est très volumineux.

Les radius ont aussi des têtes épaisses; la courbure très prononcée de leurs diaphyses dénote que les espaces interosseux, pour les muscles de l'avant-bras, devaient être considérables; la tubérosité bicipitale est énorme et séparée de la tête articulaire supérieure par un col long et bien accusé.

Les cubitus sont privés de leurs têtes inférieures. Le corps a une forme plus cylindrique qu'à l'ordinaire et, sur l'os du côté droit, la crête interne est remplacée par une vraie face. L'olécrâne est fort, élevé; la courbure de la grande cavité sigmoïde est à grand rayon.

Je ne possède de la main qu'un grand os gauche, un morceau de scaphoïde gauche, quatre métacarpiens droits et deux premières phalanges.

Les métacarpiens sont relativement courts et trapus, la main était donc petite et large. Deux métacarpiens sont intacts, le premier et le cinquième. Ils présentent des caractères curieux. Contrairement à ce qui existe chez l'Homme actuel, où la tête supérieure du premier métacarpien présente une surface articulaire en forme de selle très nette et considérée comme caractéristique par les anatomistes, cette tête articulaire, sur notre premier métacarpien, est convexe en tous sens et a la forme d'un véritable condyle. La tête articulaire du cinquième métacarpien présente le même aspect. Ces dispositions impliquent, pour les os de la main, des facilités de mouvement en tous sens beaucoup plus grandes que chez les Hommes actuels. Aucun des grands Singes que j'ai examinés à ce point de vue ne les présente, du moins à un degré aussi accusé.

J'ai de notables portions du bassin. Les os iliaques se font remarquer par leur grande étendue en largeur, ce qui est un caractère essentiellement humain, et par leur faible concavité, ce qui est un caractère simien. On peut encore noter leur épaisseur considérable.

Bien qu'ils soient fort mutilés, il est facile de voir que les fémurs de l'Homme de La Chapelle-aux-Saints, ressemblent beaucoup à ceux de Néanderthal et de Spy. Ils présentent les mêmes caractères de robusticité, les mêmes têtes volumineuses, les mêmes diaphyses presque cylindriques et remarquablement arquées, avec convexité antérieure (indice de courbure : 63,3).

Je n'ai malheureusement que deux portions de tibias. Celles-ci suffisent toutefois à montrer une rétroversion très accusée de la tête supérieure, dont les plateaux articulaires font, avec l'axe du corps de l'os, un angle aigu ouvert vers l'arrière. Ce caractère, joint à celui de la forte courbure du fémur, indique que chez l'Homme fossile de la Corrèze, comme chez l'Homme de Spy, les membres postérieurs avaient normalement une attitude fléchie se rapprochant de celle des Anthropoïdes, dont la plupart ont aussi des fémurs très arqués et des tibias très rétroversés.

La particularité la plus remarquable de l'astragale est le fort développement de la surface articulaire de la malléole externe pour le péroné, développement qui rappelle celui qu'on observe chez les Anthropoïdes et, d'une manière générale, chez les Mammifères grimpeurs. Cela semble indiquer que chez l'Homme de la Chapelle-aux-Saints, comme chez les Anthropoïdes, le pied devait reposer surtout sur sa partie externe et l'on comprend que le péroné, pour supporter ainsi une partie du poids du corps, devait avoir un appui plus solide.

Le calcanéum est caractérisé par sa brièveté et surtout par les grandes dimensions de sa petite apophyse. Celle-ci a des proportions qu'on ne trouve que chez les Weddas actuels, qui comptent parmi les plus inférieurs

des Humains, et ces proportions se rapprochent de celles qu'on observe sur les Anthropoïdes. Ce développement extraordinaire d'une partie osseuse qui constitue la véritable *console du pied*, puisqu'elle supporte une grande partie du poids du corps par l'intermédiaire de l'astragale et du tibia, est un caractère des plus intéressants.

J'ai quelques os des doigts du pied; malheureusement ils sont très mutilés. Une extrémité distale d'un premier métatarsien est remarquable par sa grosseur qui est considérable relativement aux autres métatarsiens. Il eût été du plus grand intérêt d'avoir l'extrémité proximale du même os et de savoir, par elle, si le gros orteil était opposable ou non. Ce morceau a échappé à toutes mes recherches.

En résumé, par le squelette du tronc et des membres, comme par son squelette céphalique, notre fossile rentre bien dans le groupe humain. Toutefois, il nous présente un mélange de caractères : les uns ne se retrouvent que chez les types humains actuels les plus inférieurs; d'autres s'observent surtout chez les Anthropoïdes; les derniers paraissent lui être particuliers.

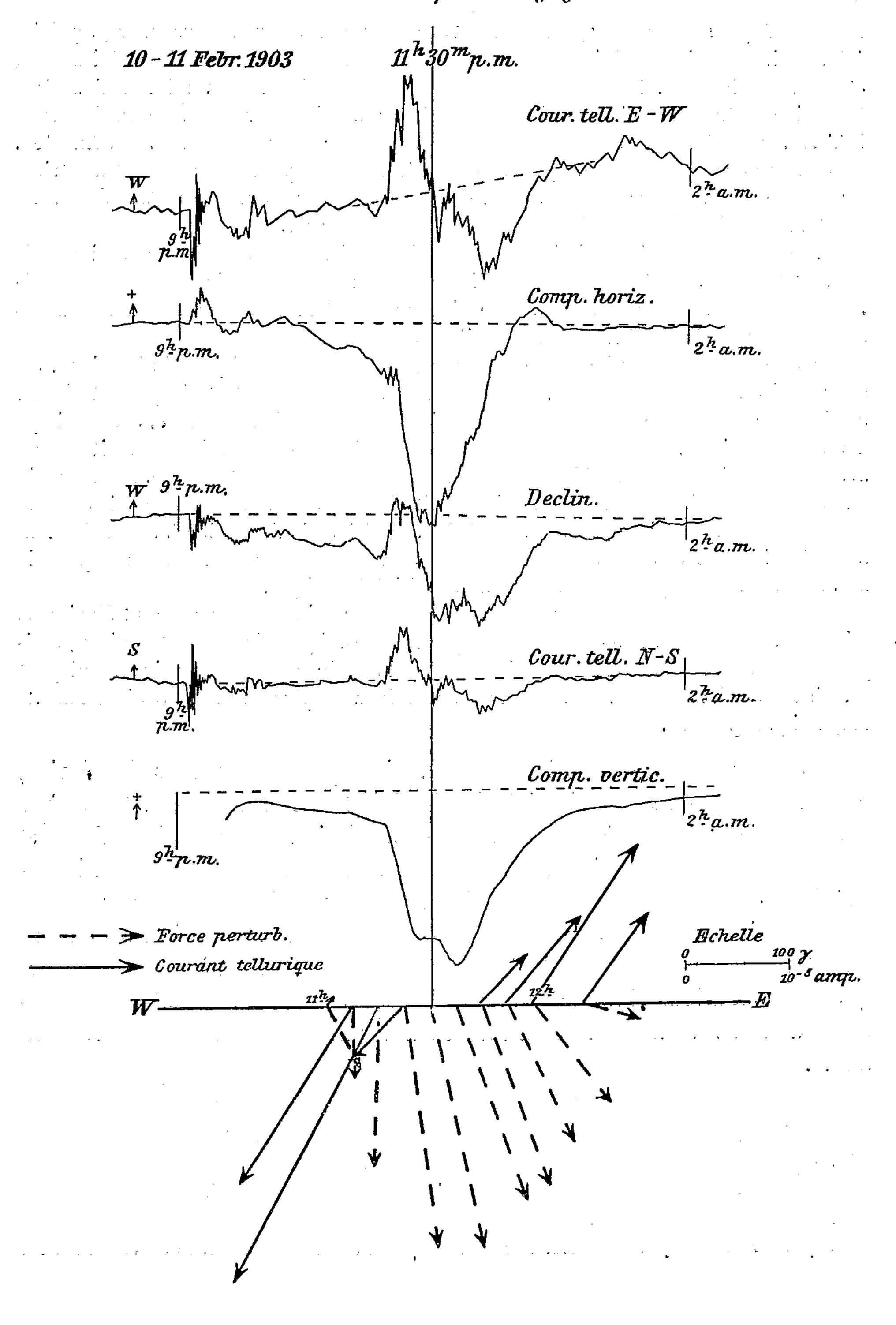
PHYSIQUE DU GLOBE. — *Courants telluriques d'induction dans les régions polaires*. Note (¹) de M. **Kr. Birkeland**, présentée par M. Poincaré.

Les grandes précipitations des corpuscules électriques venant du dehors, qui se produisent dans les régions polaires et dont j'ai signalé l'existence, donnent naissance dans la Terre elle-même à de forts courants d'induction. Je les ai étudiés à Kaafjord, dans le Finmark, en enregistrant les courants au moyen de deux câbles courts, bien isolés, dirigés NS et EO, et dont les extrémités avaient été mises en communication avec le sol.

Au cours de nombreux orages polaires, j'ai constaté dans ces câbles des courants qui prouvent l'existence d'un très intéressant système de courants d'induction dans la Terre. Dans les orages polaires les plus simples et les mieux définis, la direction des forces perturbatrices est assez constante, et les écarts sur les magnétogrammes augmentent d'une façon assez égale jusqu'à un maximum pour diminuer ensuite jusqu'à zéro.

Nous allons prendre comme exemple l'orage du 10-11 février 1903 qui, au point de vue magnétique, a été décrit dans mon récent Ouvrage : *The Norvegian Aurora*

(¹) Présentée dans la séance du 17 mai 1909.



10 - 11 Febr. 1903
11h 30m p.m.
Cour. tell. E - W
W
9h p.m.
2h a.m.
Comp. horiz.
+
9h p.m.
2h a.m.
W 9h p.m.
Declin.
2h a.m.
S
Cour. tell. N-S
9h p.m.
2h a.m.
Comp. vertic.
+
9h p.m.
2h a.m.
Force perturb.
Courant tellurique
Echelle
0 100 γ
0 10⁻⁵ amp.
W
11h
12h
E

Polaris Expedition, 1902-1903, p. 111 et 308. Nous avons devant nous un orage polaire élémentaire, dont les précipitations se manifestent entre Kaafjord et Axelöen (Spitzberg), et dont l'action se fait sentir comme si un courant d'environ 1 million d'ampères longeait à l'Ouest la ceinture d'aurore boréale à une hauteur de 420^{km} au-dessus de la Terre. Jusqu'à $23^h 45^m$, le courant sembla se déplacer transversalement vers Axelöen.

On verra sur la planche ci-contre qu'en même temps que les forces perturbatrices *augmentent,* on trouve dans les deux composantes de courants terrestres des écarts constamment dirigés respectivement vers le Sud et l'Ouest.

Au moment où les écarts indiquent le maximum dans les éléments magnétiques, le courant terrestre est à zéro, tandis qu'il grandit jusqu'à acquérir une force considérable dans la direction opposée à celle d'auparavant à mesure que les écarts dans les éléments magnétiques *décroissent* jusqu'à zéro.

Nous ne possédons malheureusement que les courants telluriques de Kaafjord. On comprendra facilement, en examinant la planche, combien il eût été important d'avoir eu simultanément les courants telluriques d'Axelöen et de l'île des Ours. On aurait pu d'abord obtenir une image assez nette du phénomène et l'on aurait pu ensuite tracer avec une certaine probabilité les lignes de courant sur la surface terrestre. Il est certain que la direction des courants à Kaafjord doit d'abord dépendre de la constitution du système de courants inducteurs et aussi de la position de l'endroit où se manifestent les précipitations des rayons corpusculaires. Elle dépend en outre beaucoup de la nature du sol en ce qui concerne la conductibilité électrique.

On peut en tout cas conclure de la série d'observations des courants telluriques, faites à Kaafjord en 1902-1903, que les systèmes cosmiques de courants qui se précipitent dans les régions polaires induisent un système de courants telluriques qui peut certainement s'étendre sur toute la Terre et influencer plus ou moins les instruments magnétiques partout.

Outre ces courants telluriques d'induction que nous venons de décrire, nous avons souvent enregistré à Kaafjord de tels courants terrestres, où la composante NS suit très exactement les oscillations dans la déclinaison, et où la composante EW suit, mais moins exactement, les oscillations en intensité horizontale. Ces sortes de phénomènes sont bien connus des autres Observatoires du globe, qui enregistrent les courants telluriques. Mais ce qui était surtout remarquable dans ces derniers courants, à Kaafjord, c'est que les oscillations similaires dans les courbes se produisaient simultanément dans les courbes de courant et sur les magnétogrammes correspondants.

Nous avons constaté ce fait par des enregistrements où les cinq courbes ont été tracées simultanément avec une vitesse de 4^{mm} par minute. Au moyen d'un bouton électrique placé près de notre chronomètre Standart, le tracé photographique fut aveuglé simultanément sur les cinq courbes, ce qui nous permet de garantir une indication de temps à 5 secondes près pour ces enregistrements.

On put de cette façon constater à certaines périodes une telle simultanéité entre les

courants telluriques et les variations magnétiques qu'on ne peut guère douter que les derniers ne soient produits par les premiers. Si en Europe et ailleurs on a pu se trouver en présence de différence de temps relativement considérables entre les variations des courants terrestres et les oscillations magnétiques correspondantes, il faut peut-être en chercher au moins partiellement la raison dans ce fait qu'on mesure les courants telluriques avec des câbles courts.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la compensation entre les types de saisons en certaines régions de la Terre.* Note de M. H. **Hildebrand Hildebrandsson**, présentée par M. H. Deslandres.

Depuis 1881 M. Teisserenc de Bort a trouvé que les différents types d'hiver en Europe et d'une manière générale les caractères généraux des saisons dépendent des variations d'intensité et de position des aires de haute et de basse pression qu'il a désignées sous le nom de *centres d'action* de l'atmosphère. Ainsi un renforcement de basse pression au sud de l'Islande détermine un hiver doux dans le nord-ouest de l'Europe; mais un développement des hautes pressions d'Asie ou de celles des Açores détermine les hivers rigoureux.

MM. Köppen et Van Bebber ont étendu en 1886 ces recherches sur les relations de la situation atmosphérique avec le temps dans l'Europe moyenne.

Dans deux Mémoires précédents nous avons prouvé qu'il existe des relations intimes entre tous les centres d'action de la Terre. En effet, il existe une sorte de compensation entre des centres d'action voisins. Les variations barométriques aux Açores et en Islande, entre la Sibérie et l'Alaska, ou entre Tahiti et la Terre de Feu dans le minimum antarctique sont presque toujours opposées. Il y a aussi, en général, une opposition très nette entre l'Islande et la Sibérie. La pluie fait voir les mêmes relations, Depuis d'autres météorologistes, en première ligne Sir Eliot et M. Walker à Calcutta, ont trouvé des relations analogues.

D'un autre côté, M. Otto Pettersson a prouvé qu'il y a en hiver une relation intime entre la température de la surface de la mer, entre la Norvège et l'Islande, et celle de la partie nord-ouest de l'Europe. Une mer froide amène une basse température et un printemps tardif dans les pays scandinaves, et une mer relativement chaude, un hiver doux et un printemps précoce. M. Meinardus a étendu ces recherches jusqu'au nord de l'Allemagne avec le même résultat.

Il semble donc probable qu'il faut chercher la cause des différentes variation de l'intensité des centres d'action et des différents types des saisons, dans l'état thermique de la mer polaire. En effet, on ne peut guère trouver ailleurs un phénomène tellement variable d'une année à l'autre qu'il puisse être la cause des variations considérables dans les types des saisons des différentes années.

Guidé par cette idée, nous avons étudié les relations simultanées des élé-

ments météorologiques entre certaines régions de la surface terrestre, depuis la côte orientale de l'Amérique du Nord jusqu'à la Sibérie.

Malheureusement, nous n'avons pas de stations météorologiques dans la mer Glaciale. Les stations les plus boréales sont situées près du cap Nord. Nous avons calculé les températures d'été à Gjesvœr à l'ouest et à Vardö à l'est du cap Nord pour les années 1880-1903, et celles de mars-mai à Grimsey et à Berufjord sur les côtes nord et est de l'Islande.

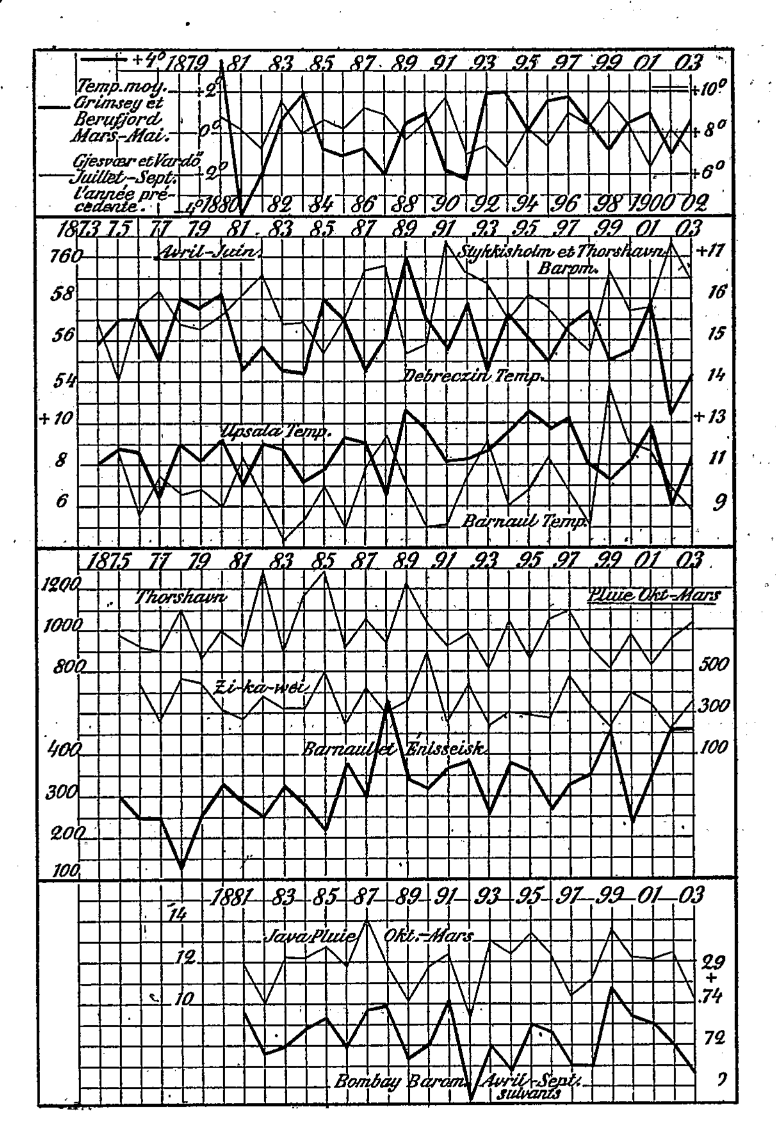
1. Les courbes ci-après font voir que la température au cap Nord en été est opposée à celle du printemps *suivant* en Islande. En effet, une haute température sur la mer arctique en été doit causer une fusion plus grande de la glace et en conséquence le courant polaire arrivant à l'Islande au printemps suivant doit y amener une plus grande quantité de glace et d'eau froide qu'à l'ordinaire. M. Pettersson a prouvé qu'une variation de 2° à 3° dans la surface de la mer suffit pour amener des variations très considérables dans la température de l'air sur une vaste étendue.

2. Le courant polaire arrivant à l'Islande en mars n'entre dans le golfe de Baffin que l'hiver suivant. Aussi la température de l'air à Goothaab au *printemps* a la même allure que celle à Grimsey en *mars de l'année précédente*.

3. D'un autre côté l'eau du courant froid partant du golfe de Baffin en hiver arrive l'été suivant sur les bancs de Terre-Neuve. La température de l'air en *hiver* à Upernivik est aussi *l'inverse* de celle de Saint-Johns à Terre-Neuve en *juillet suivant*. Nous avons constaté que la température à Saint-Johns est, en effet, la plus haute en juillet les années où il y a le plus de glace dans l'Atlantique en dehors de Terre-Neuve. Ce fait inattendu s'explique parce que beaucoup de glace au large devant une côte détermine la production d'une haute pression barométrique, comme l'a prouvé M. Kundsen, et en été une haute pression est accompagnée sur terre d'une température élevée.

4. La branche du courant polaire passant à la fin de l'hiver au nord-est de l'Islande continue vers le sud-est à Thorshavn et jusque dans la mer du Nord, amenant une température plus ou moins basse et en conséquence une pression plus ou moins haute sur cette partie de la mer. C'est là la cause de la haute pression qui y règne ordinairement au printemps. Cette distribution de la pression amène des vents du Nord plus ou moins froids sur le nord de l'Europe jusqu'en Hongrie. En effet, l'allure de la pression de l'air au printemps à Thorshavn est régulièrement *opposée* à celle de la température simultanée à Debreczin en Hongrie. Mais nous avons trouvé que

l'allure de la courbe des températures en Sibérie (Barnaul) est l'inverse de celle en Europe. C'est l'opposition ordinaire entre la mer d'Islande et la Sibérie.



5. En automne nous avons retrouvé la même opposition dans l'allure de la température à Thorshavn et à Barnaul.

6. Pendant l'hiver, octobre-mars, les courbes de l'eau tombée à Thorshavn et à Barnaul ont une allure opposée, mais, chose intéressante,

les variations à Thorshavn et à Zi-ka-wei sont presque identiques (octobre 1874 à mars 1875 sous l'abscisse 1875, etc.).

7. Il y aussi, en hiver, une opposition entre la pluie tombée sur la mer d'Islande et sur l'Europe centrale représentée par Vienne et Trieste, le midi de la France et même les Açores. Ainsi, pendant la saison froide, il y a opposition entre la mer d'Islande et le nord de l'Europe d'un côté et une bande très longue passant du maximum des Açores sur l'Europe centrale, jusqu'en Sibérie.

8. Comme nous l'avons indiqué plus haut, il y a des compensations ou relations analogues en différentes parties de la Terre entre des contrées différentes. Comme spécimen nouveau nous donnons la courbe de la *pluie d'hiver* à Java qui est, comme on le voit, presque identique à celle représentant les variations *barométriques* à Bombay en *été suivant*.

Nous avons fait pour ainsi dire une reconnaissance dans un pays presque inconnu. Nous avons trouvé quelques relations intéressantes et l'on voit même *qu'une prévision à longue échéance ne paraît pas impossible en certains cas.*

Une extension de ces recherches sur toute la surface terrestre serait intéressante, mais malheureusement jusqu'à présent impossible par le manque de stations aux centres d'action éloignés.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 7 heures. G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JUIN 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Sur la proposition de M. le Secrétaire perpétuel, la **Commission de Sismologie** s'est réunie pendant la séance.

Elle a pensé que l'Académie, en présence des désastres qui ont éprouvé une région de notre pays, devait étudier les circonstances qui ont accompagné le tremblement de terre pour en tirer des conséquences utiles.

Après avoir pris connaissance du commencement d'enquête fait par M. *Angot*, Directeur du Bureau central météorologique, la Commission lui a demandé de l'étendre à toute la région comprise entre les Pyrénées et les Alpes, pour qu'il soit possible de tracer sur une Carte des lignes d'égale intensité du phénomène.

M. Angot communiquera à la Commission les résultats de cette enquête, considérée comme très utile par les géologues qui font partie de la Commission.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques remarques sur les équations intégrales de première espèce et sur certains problèmes de Physique mathématique.* Note de M. **Émile Picard**.

1. On appelle généralement aujourd'hui *équation intégrale de première espèce* une équation fonctionnelle de la forme

$$(1) \qquad f(x) = \int_a^b K(x, y) F(y) \, dy \qquad (a \text{ et } b \text{ constants}),$$

où les données sont $f(x)$ et $K(x, y)$, la fonction inconnue étant $F(y)$.

Pour simplifier, supposons que les fonctions envisagées ici sont continues, quoiqu'il soit possible de se placer dans des conditions plus générales.

Il est bien connu que, en général, l'équation (1) n'a pas de solution. Je ne sais si l'on a remarqué qu'on peut donner, sous une forme simple, *la condition nécessaire et suffisante* pour la possibilité de la résolution de l'équation (1); c'est ce que je me propose d'indiquer.

2. Rappelons d'abord un résultat obtenu par M. Ehrard Schmidt dans ses belles études sur l'équation de Fredholm (*Math. Annalen,* t. LXIII). Soient les deux équations conjuguées

$$(2)\quad \begin{cases} \varphi(x)=\lambda\int_a^b \mathrm{K}(x,y)\,\psi(y)\,dy, \\ \psi(x)=\lambda\int_b^a \mathrm{K}(y,x)\,\varphi(y)\,dy. \end{cases}$$

Il existe une infinité de valeurs réelles de λ (qu'on peut supposer *positives*), pour lesquelles ces équations sont satisfaites autrement que pour $\varphi(x)=\psi(x)=0$. Soient, rangées par ordre de grandeur,

$$\lambda_1,\quad \lambda_2,\quad \ldots,\quad \lambda_n,\quad \ldots$$

ces valeurs de λ, et les valeurs correspondantes des φ et ψ,

$$(3)\quad \varphi_1,\quad \varphi_2,\quad \ldots,\quad \varphi_n,\quad \ldots,$$

$$(4)\quad \psi_1,\quad \psi_2,\quad \ldots,\quad \psi_n,\quad \ldots.$$

Les φ et ψ forment un système orthogonal et normal, c'est-à-dire que l'on a

$$\int_a^b \varphi_m(x)\,\varphi_n(x)\,dx=0\qquad (m\neq n),\qquad \int_a^b \varphi_m^2(x)\,dx=1,$$

et pareillement pour les ψ.

Indiquons aussi un remarquable théorème de M. Riesz (*Göttingen Nachrichten,* 1907), qui va nous être utile. Étant donnée une suite telle que (3), orthogonale et normale, appelons, à l'exemple de certains géomètres allemands, *coefficients de Fourier* d'une fonction $f(x)$ relative à cette suite les expressions

$$a_n=\int_a^b f(x)\,\varphi_n(x)\,dx\qquad (n=1,\ 2,\ \ldots,\ \infty).$$

D'après M. Riesz, étant donnée une suite de nombres a_n, la condition nécessaire et suffisante pour qu'on puisse trouver une fonction $f(x)$ ayant

les a_n comme coefficients de Fourier est que la série $\sum a_n^2$ soit convergente.

3. Envisageons maintenant l'équation fonctionnelle (1), et considérons les constantes λ_n et les fonctions φ_n et ψ_n correspondant, avec les équations (2), au noyau $K(x, y)$. Je suppose de plus que la suite des φ soit *fermée,* c'est-à-dire qu'il n'y ait pas, en dehors de zéro, de fonction $h(x)$ satisfaisant aux relations

$$\int_a^b h(x)\varphi_n(x)\,dx = 0 \qquad (n = 1, 2, \ldots, \infty).$$

Ceci posé, la *condition nécessaire et suffisante pour que l'équation* (1) *puisse être résolue est que, en désignant par a_n les coefficients de Fourier de $f(x)$ relatifs aux φ, la série*

$$\sum \lambda_n^2 a_n^2$$

soit convergente.

Supposons d'abord l'équation (1) vérifiée; on aura

$$a_n = \int_a^b f(x)\varphi_n(x)\,dx = \int_a^b\int_a^b K(x, y)\varphi_n(x)F(y)\,dx\,dy$$

et, en se servant de l'équation

$$(5) \qquad \psi_n(x) = \lambda_n \int_a^b K(y, x)\varphi_n(y)\,dy,$$

on a de suite

$$a_n = \frac{1}{\lambda_n}\int_a^b F(y)\psi_n(y)\,dy.$$

Si donc on appelle B_n les coefficients de Fourier de $F(y)$ relatifs aux ψ, on aura

$$B_n = \lambda_n a_n.$$

Mais, comme la série $\sum B_n^2$ est convergente, il en sera de même de la série

$$\sum \lambda_n^2 a_n^2;$$

la condition est donc nécessaire.

Inversement, supposons cette condition vérifiée pour la fonction $f(x)$, dont les a_n représentent les coefficients de Fourier par rapport aux φ. Il

existera, d'après le théorème de M. Riesz, une fonction $F(x)$ ayant, relativement aux ψ, les coefficients de Fourier $\lambda_n a_n$.

Posons alors

$$f_1(x) = \int_a^b K(x, y) F(y) dy,$$

et cherchons les coefficients de Fourier de $f_1(x)$ relatifs aux φ. Ces coefficients sont donnés par les intégrales

$$\int_a^b f_1(x) \varphi_n(x) dx.$$

Or on trouve de suite

$$\int_a^b f_1(x) \varphi_n(x) dx = \int_a^b \int_a^b K(x, y) \varphi_n(x) F(y) dx dy = \frac{1}{\lambda_n} \int_a^b F(y) \psi_n(y) dy = a_n$$

en utilisant l'équation (5).

Donc les coefficients de Fourier de $f_1(x)$ par rapport aux φ sont les mêmes que ceux de la fonction donnée $f(x)$. Par suite $f_1(x) = f(x)$ (le système des φ étant supposé fermé), et l'on a enfin

$$f(x) = \int_a^b K(x, y) F(y) dy,$$

ce qui démontre bien que *la condition est suffisante*. Le théorème est donc établi.

4. Certains problèmes de Physique mathématique conduisent à des développements satisfaisant à la condition précédente, dans des circonstances un peu différentes seulement en apparence.

Prenons, par exemple, le problème du mur de Fourier, en supposant variable la chaleur spécifique, qui conduit à l'équation différentielle

$$(6) \qquad \frac{d^2 y}{dx^2} + \lambda A(x) y = 0 \qquad [A(x) > 0].$$

On doit chercher l'intégrale de cette équation, satisfaisant aux conditions

$$(7) \qquad \begin{cases} \dfrac{dy}{dx} - h y = 0 & (\text{pour } x = a), \\ \dfrac{dy}{dx} + H y = 0 & (\text{pour } x = b), \end{cases}$$

ce qui amène à étudier la suite

$$\lambda_1, \quad \lambda_2, \quad \ldots, \quad \lambda_n, \quad \ldots$$

des valeurs positives de λ pour lesquelles l'intégrale n'est pas identiquement nulle, et les fonctions correspondantes

$$\varphi_1, \quad \varphi_2, \quad \ldots, \quad \varphi_n, \quad \ldots$$

formant un système orthogonal et normal [il faut seulement dans les intégrales exprimant l'orthogonalité introduire $A(x)$], qui est d'ailleurs complet.

Si $f(x)$ désigne une fonction continue ainsi que ses dérivées des deux premiers ordres, et satisfaisant aux relations (7), le coefficient a_n de Fourier (généralisé) est ici

$$a_n = \int_a^b A(x) f(x) \varphi_n(x)\, dx,$$

et l'on peut établir sans peine que *la série du type envisagé plus haut*

$$\sum \lambda_n^2 a_n^2 \tag{8}$$

est convergente.

Le problème de l'*armille* sans communication calorifique avec l'extérieur conduit à une remarque analogue. Dans ce cas $A(x)$ a la période $b - a$, et les valeurs singulières de λ sont celles pour lesquelles l'équation (6) a une solution périodique de période $b - a$ non identiquement nulle. Ici encore, le système des φ est *complet*, et, a_n ayant la même signification que ci-dessus pour une fonction continue $f(x)$ de période $b - a$ possédant des dérivées des deux premiers ordres, la série (8) est encore convergente.

5. Citons un exemple d'une autre nature où le noyau $K(x, y)$ de l'équation (1) devient infini, mais d'une manière qui ne modifie en rien nos raisonnements des paragraphes 1, 2 et 3. Nous nous posons la question suivante, souvent traitée à d'autres points de vue : peut-on, dans le plan, mettre la solution du problème de Dirichlet relative à l'équation de Laplace sous la forme d'un potentiel logarithmique de simple couche?

Soit donc un contour C sur lequel est donnée une succession continue de valeurs $f(s)$, en appelant s la longueur de l'arc. Désignons par r la distance de deux points du contour correspondant à s et à σ; la réponse à la question posée sera affirmative si l'on peut résoudre l'équation intégrale de première espèce

$$f(s) = \int_0^l \rho(\sigma) \log\frac{1}{r}\, d\sigma \qquad (l = \text{longueur de C}), \tag{9}$$

l'inconnue étant la fonction $\rho(\sigma)$.

Le noyau $\log\frac{1}{r}$ est ici une fonction symétrique de s et de σ. A cause de

cette symétrie, on remplacera les équations (2) par l'équation unique en φ

$$\varphi(s) = \lambda \int_0^l \log \frac{1}{r} \varphi(\sigma)\, d\sigma,$$

qui conduit aux valeurs singulières et fonctions correspondantes en nombre infini

$$\lambda_1, \quad \lambda_2, \quad \ldots, \quad \lambda_n, \quad \ldots,$$
$$\varphi_1, \quad \varphi_2, \quad \ldots, \quad \varphi_n, \quad \ldots.$$

Le système des φ sera *en général* fermé (il peut en être autrement dans certains cas exceptionnels). Si nous nous plaçons dans le cas général, et si nous posons

$$a_n = \int_0^l f(\sigma)\, \varphi_n(\sigma)\, d\sigma,$$

la condition nécessaire et suffisante pour que la fonction harmonique prenant sur C les valeurs $f(s)$ puisse se mettre sous la forme d'un potentiel logarithmique est que *la série*

$$(10) \qquad \sum \lambda_n^2 a_n^2$$

soit convergente.

Il peut y avoir des cas exceptionnels où la suite des φ n'est pas fermée. Dans un tel cas, la couche sans action sur un point intérieur à C donnera à l'intérieur de cette courbe un potentiel nul (au lieu d'un potentiel constant différent de zéro). Soit $h(\sigma)$ la densité de cette couche déterminée à un facteur constant près; en supposant toujours remplie la condition relative à l'expression (10), on est conduit par la théorie précédente à mettre sous la forme (9) non pas nécessairement $f(s)$, mais

$$f(s) + \mathrm{A}\, h(s),$$

A étant une constante convenable.

Un exemple du cas exceptionnel est fourni par une circonférence de rayon *un*; la fonction $h(s)$ est alors une constante.

SISMOLOGIE. — *Sur quelques tremblements de terre qui ont dévasté la Provence et le Dauphiné.* Note de M. **G. Bigourdan**.

Le littoral méditerranéen de la France a souvent ressenti des secousses sismiques assez violentes, particulièrement dans sa partie Est. Mais il ne

semble pas que la région dévastée le 11 de ce mois en eût encore subi d'aussi désastreuses que celle qui vient de secouer le Sud-Est.

Si l'on marque le milieu de la droite qui joindrait Avignon à Marseille, la région où il y a eu des victimes il y a 3 jours, celle sans doute où le phénomène a été le plus violent, se trouve un peu à l'Est de ce point milieu.

Les *Mémoires* de l'ancienne Académie des Sciences, la *Correspondance astronomique*, de De Zach, etc., ont conservé le souvenir de tremblements de terre survenus dans la même partie de la France; voici, d'après les Catalogues, ceux qui après le xe siècle ont été les plus violents :

1282. *Gap.* — Tremblement de terre affreux. *Corresp. astr.*, t. VI, p. 32 (d'après Perrey).

1644. *Gap.* — Affreux tremblement de terre. *Corresp. astr.*, t. VI, p. 46 (d'après Perrey).

1731. Juin 15. *Cavaillon.* — « Le 15 juin il y eut dans la ville de Cavaillon, entre 10h et 11h de nuit, un si grand tremblement de terre qu'il sembloit que toute cette ville alloit être entièrement renversée. Le dôme de la porte de la Couronne tomba. On ne se souvenoit point d'avoir jamais vu de tremblement de terre à Cavaillon. » (*Hist. et Mém. de l'Acad. R. des Sc.*, année 1731, p. 19-20 de l'*Histoire.*)

1738. *Comtat d'Avignon.* — « Le 18 octobre à 4h30m du soir, M. Daleman, Ingénieur, revenant de faire un nivellement à Chamfort dans le Comtat, fut surpris d'entendre tout à coup un bruit souterrain aussi grand que celui de 100 pièces de canon de 24 livres de balle tirées à la fois. La terre trembla sous ses pieds, et les glands de quelques chênes qui étoient sur son chemin, tombèrent aussi dru que si ç'avoit été de la grêle; le ciel étoit assés serein. Deux minutes après il tomba une pluye de terre, comme lorsqu'une mine a joué, cette secousse dura 2 minutes. M. Daleman apprit que l'allarme avoit été grande à Carpentras; des cheminées, des croix de pierre furent abatües. Dans plusieurs endroits de la campagne on trouva la terre entr'ouverte à une si grande profondeur, que les perches des laboureurs n'étoient pas assés longues pour aller jusqu'au fond. » (*Hist. et Mém. Acad.*, année 1738, p. 37-38 de l'*Hist.*)

1769, *novembre* 18. *Roquemaure* et *Bédarrides*, aux environs d'Avignon : tremblement de terre qui renverse plusieurs maisons et la moitié des cheminées. (*Gaz. de France* du 15 décembre 1769.)

1772-1773. *Clanssayes* et *Saint-Raphaël.* — Durant 1 an et demi, du 7 juin 1772 à la fin de décembre 1773, de très nombreuses secousses furent ressenties dans ces deux localités situées en Dauphiné (canton de Saint-Paul-Trois-Châteaux, Drôme), à 4km environ l'une de l'autre et qui finalement furent ruinées toutes deux; mais on ne signale pas de victimes. En général ces mouvements ne furent pas ressentis au loin; autrement dit ils restèrent tout à fait locaux. [FAUJAS DE SAINT-FOND, *Mémoire sur les tremblements de terre qui se firent ressentir dans le village de Clanssaye...* (dans *Hist. nat. de la province de Dauphiné*, t. I, p. 315-335)].

1799, février 19. *Avignon*, 4^h du soir. — Deux secousses violentes; des maisons furent renversées. (*Mon. universel* du 13 ventôse an VII.)

1812, mars 20. *Beaumont* (Vaucluse), à minuit; plusieurs secousses qui durent causer des dommages importants, car le Gouvernement accorda un secours de 12000^{fr}. (Décret de Napoléon daté de Vilna, 2 juillet.)

On voit par cette liste, que nous avons faite aussi complète que possible quant aux tremblements de terre violents, qu'aucun d'eux ne s'est produit dans la région dévastée le 11 mai.

OCÉANOGRAPHIE. — *Présentation de trois nouvelles feuilles de la Carte des Mollusques comestibles des côtes de France établies par M. Joubin.* Note de S. A. S. le **Prince de Monaco.**

Ces Cartes comprennent les régions suivantes :

1° Région de Lannion à Tréguier;

2° Région de Tréguier à Paimpol;

3° Baie de Saint-Brieuc.

Les deux premières régions sont caractérisées par la profonde découpure des côtes et les innombrables récifs qui les bordent. La baie de Saint-Brieuc, au contraire, a un contour régulier et peu accidenté.

Cela coïncide avec la grande richesse en animaux et en plantes des deux premières et la grande pauvreté de la faune et de la flore de la troisième.

Au point de vue spécial de la répartition géographique des animaux comestibles, on peut noter :

1° La grande abondance des *Ormeaux* (*Haliotis*) dans la région de Lannion et surtout de Tréguier, d'où l'on en expédie de grandes quantités, surtout en Angleterre. C'est de là que viennent presque tous les Ormeaux vendus sur nos marchés, notamment à Paris.

2° L'extrême abondance des *Bigorneaux* (*Littorina*), récoltés à la main et expédiés comme les Ormeaux. C'est le centre principal d'approvisionnement pour ces coquillages.

3° Les Huîtres sont rares et en voie de disparition, notamment dans la baie de Saint-Brieuc, où jadis elles foisonnaient. Ce fait est d'ailleurs général sur toutes les côtes européennes.

Mais, par une singulière anomalie, le banc d'Huîtres de la rivière de Tréguier est en excellent état, et même en voie d'accroissement, contrastant ainsi avec tous les autres bancs des côtes de France.

Les autres Mollusques, tels que Palourdes, Coques ou Coquilles de Saint-Jacques, sont indiqués sur ces Cartes, mais ne présentent aucune particularité spéciale. Il faut cependant signaler l'abondance des Praires autour de l'île de Bréhat. Ces Mollusques sont ordinairement rares sur toutes nos côtes.

La portion de Carte comprise entre la baie de Morlaix et la baie de Saint-Brieuc a été particulièrement pénible à établir en raison de la difficulté extrême de parcourir le littoral accidenté.

M. Joubin publiera prochainement les Cartes de la baie de Saint-Malo et de la baie du mont Saint-Michel. Il espère que dans 2 ans l'Atlas entier des côtes de France aura paru.

M. **Haton de la Goupillière** fait hommage à l'Académie d'un exemplaire du travail qu'il vient de publier sur le *Potentiel du temps de parcours* (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 33e année, p. 108), pour compléter, avec trois autres antérieurs [Mémoires sur le centre de gravité, les moments d'inertie et les axes principaux du temps de parcours (*Annaes scientificos da Academia polytechnica do Porto*, 1906; *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1908; *Journal de l'École polytechnique*, XIIIe Cahier)], l'application de la Géométrie des masses à la notion nouvelle qu'il a introduite, des trajectoires matérielles résultant d'une émanation proportionnelle au temps, laissée sur place par un mobile, et subsistant comme témoin permanent de la loi du mouvement après que ce phénomène est évanoui.

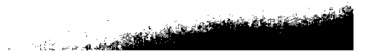
M. **W. Kilian** fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. *Michel Lévy*, du premier fascicule du Tome II des *Études géologiques dans les Alpes occidentales*, qu'il publie en collaboration avec M. J. Révil.

M. **Gustaf Retzius** fait hommage à l'Académie du Tome XIV (Neue Folge) de ses *Biologische Untersuchungen*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *The Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year* 1912. (Presented by Authority of the Lords Commissioners of the Admiralty.)



2° *Statistique générale de la France. Annuaire statistique. Vingt-septième Volume*, 1907. (Publication du MINISTÈRE DU TRAVAIL ET DE LA PRÉVOYANCE SOCIALE.)

3° *Traité des courbes spéciales remarquables, planes et gauches*, par F. GOMES TEIXEIRA, traduit de l'espagnol. Tome II. (Présenté par M. Haton de la Goupillière.)

M. **ARMAND BILLARD** adresse un Rapport dans lequel il rend compte à l'Académie de l'emploi de la subvention qui lui a été accordée l'année dernière sur le *Fonds Bonaparte*, pour poursuivre ses recherches sur le groupe des Hydroïdes.

En adressant à l'Académie des Sciences le premier Volume d'une publication internationale que la *Société autrichienne pour la Photogrammétrie* a créée « pour activer et propager toutes les méthodes photographiques de l'art de mesurer et pour encourager tous les géodésiens s'occupant de cette invention ingénieuse », M. **DOLEZAL**, recteur de l'École Polytechnique de Vienne, s'exprime en ces termes :

« Par une coïncidence fort regrettable, il a fallu que ce Volume contînt le nécrologe du colonel Aimé Laussedat, de cet illustre savant français, dont la mémoire ne s'effacera jamais de l'esprit des géodésiens du monde entier, qui lui doivent la transformation ingénieuse d'un simple appareil photographique en un instrument de mesure et l'idée d'utiliser les images enregistrées par des plaques photographiques pour les opérations topographiques, quelles qu'elles soient.

» L'Académie des Sciences saura bien apprécier la haute importance de la méthode inaugurée par Aimé Laussedat dans ses applications aux cas les plus difficiles de levers terrestres et de levers en ballons, de plans de terrains et de plans d'édifices.

» En soumettant à l'Académie des Sciences le premier Volume de la publication internationale de la *Société autrichienne pour la Photogrammétrie*, j'espère que l'Académie des Sciences voudra bien employer sa haute influence pour que l'invention de la Métrophotographie, qui est indissolublement liée au nom d'un savant français ardent au travail et passionné pour la Science, invention qui a fait des progrès énormes dans presque tous les pays européens, gagne enfin aussi en France la considération et l'encou-

ragement que malheureusement elle n'y a pas encore trouvés assez largement et qu'elle mérite par ses nombreuses applications pratiques pour l'ingénieur, le géodésien, l'astronome, l'officier et l'aéronaute.

Sans me vanter, je peux dire que c'est moi qui ai créé à Vienne la *Société autrichienne pour la Photogrammétrie*, la première société de ce genre dans le monde, et la première publication internationale de Métrophotographie, qui ont pour but de propager l'invention du grand Français Aimé Laussedat. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le premier trimestre de* 1909. Note de M. **J. Guillaume.**

Il y a eu 44 jours d'observation dans ce trimestre et voici les principaux faits qu'on en déduit :

Taches. — Le nombre des groupes enregistrés est sensiblement le même (43 au lieu de 44), mais leur surface totale a augmenté d'un tiers (5177 millionièmes au lieu de 3401).

Deux groupes, également, ont été visibles à l'œil nu :

Janvier 3,2	à + 9°	de latitude
Mars 24,6	à + 12°	»

Ce sont des retours du groupe signalé dans les résultats du trimestre précédent (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 329).

Le disque du Soleil ne s'est montré dépourvu de taches en aucun des jours d'observation.

Dans leur répartition par hémisphère, on a noté deux groupes en plus au Sud (25 au lieu de 23) et trois en moins au Nord (18 au lieu de 21).

Régions d'activité. — La diminution des facules, tant en nombre qu'en étendue, persiste : on a en effet 79 groupes et une aire de 87,1 millièmes au lieu de 92 groupes et 100,4 millièmes précédemment. On compte un groupe en moins au sud de l'équateur (48 au lieu de 49) et douze, en moins également, au Nord (31 au lieu de 43).

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier 1909. — 0,00.			
29- 9	3	3,2		+ 9	472
31	1	4,2		+ 9	49
29- 9	3	4,8		+11	201
31	1	5,1		+15	10
		Janvier (suite).			
9	1	5,8		+ 9	18
9	1	6,5	−16		32
9-18	3	12,8		+10	177
9	1	12,9	−11		4

TABLEAU I. — *Taches* (suite).

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier (suite).			
9-16	2	15,0	−17		11
16-20	4	20,0	− 3		162
16-20	4	20,8	−13		77
16-27	6	22,2		+ 7	240
26	1	27,9	−14		12
26- 2	5	28,8		+10	157
29	1	29,3		+18	5
26- 3	6	29,4	− 8		270
26- 4	7	30,1		+10	280
	8 j.		−11°,7	+10°,8	
		Février. — 0,00.			
26- 4	7	1,1		+10	182
27- 4	6	2,2	−16		148
15-16	2	10,2	−19		10
15	1	15,6		+11	2
14-20	7	15,9	− 2		16
14-22	8	16,1	−10		315
14	1	17,6	−10		4
14-23	9	18,4		+10	95
25	1	24,7	−11		2
		Février (suite.)			
20- 4	10	26,6	−21		106
22- 6	11	28,3		+10	414
	16 j.		−12°,7	+10°,3	
		Mars. — 0,00.			
23- 4	8	1,6	−17		28
23- 6	10	1,8	− 7		379
27- 9	8	3,6		+ 3	124
5-13	5	8,7	−17		14
11	1	8,8	− 3		5
9-19	8	14,8	− 9		73
15-19	4	16,2	−12		9
19-30	7	24,6		+12	555
22-30	6	25,0	−10		104
19-27	5	25,6	−22		35
19-30	7	25,7		+ 8	136
24	1	27,3	− 4		5
22-2	8	27,7		+10	194
30	1	28,3	−21		4
23-27	3	28,8	− 5		41
	20 j.		−11°,5	+ 8°,3	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1909.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier........	»	»	»	5	2	7	10	7	3	»	»	»	17	2177
Février........	»	»	1	3	3	7	4	3	1	»	»	»	11	1294
Mars..........	»	»	2	3	6	11	4	3	1	»	»	»	15	1706
Totaux...	»	»	3	11	11	25	18	13	5	»	»	»	43	5177

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1909.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier........	»	»	»	7	4	11	12	6	4	2	»	»	23	27,4
Février........	»	»	1	7	7	15	8	5	2	1	»	»	23	22,3
Mars..........	»	»	5	8	9	22	11	5	5	1	»	»	33	37,4
Totaux...	»	»	6	22	20	48	31	16	11	4	»	»	79	87,1

ASTRONOMIE. — *La latitude de l'Observatoire d'Athènes.* Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

La latitude de l'Observatoire d'Athènes, déterminée par son premier directeur, M. Bouris, au moyen du cercle méridien de Starke, était fixée à 37°58′20″; mais cette valeur était obtenue avec un seul cercle dont les erreurs de division étaient inconnues et dont la flexion était, par construction, très complexe; d'autre part, la lecture du cercle se faisait à l'aide de quatre verniers et le pointé des étoiles sans fil mobile, ce qui ne pouvait comporter une grande précision.

Une détermination, faite plus récemment par M. Hartl, dans un but géodésique, et au moyen d'un instrument universel de Starke, a donné 37°58′20″,7; mais cette évaluation aussi, par suite des conditions dans lesquelles elle fut faite, ne semblait pas offrir toutes les garanties d'exactitude nécessaires.

Il y a quelques années, l'Observatoire d'Athènes fut doté d'un beau cercle méridien, construit par M. Gautier; la lunette, dont l'objectif fut taillé par les frères Henry, a une ouverture de 162^{mm} et 2^{m},10 de distance focale.

Après avoir étudié les erreurs de division des deux cercles de cet instrument, nous avons procédé à la détermination de sa latitude; on a effectué, pendant l'année 1904, à l'aide de M. Terzakis, 524 mesures d'étoiles fondamentales, dont voici les résultats pour la latitude :

Position directe..................	37°.58′.20″,37 ± 0″,03
Position inverse..................	37.58.19,11 ± 0,03
Moyenne........................	37.58.19,74 ± 0,02

Les deux valeurs obtenues ainsi dans les deux positions de l'instrument diffèrent de 1″,26; cette discordance est *systématique* et se présente, à très peu près la même, avec les différentes étoiles, qui sont d'ailleurs presque toutes les mêmes dans les deux positions de la lunette. Il est donc évident qu'elle ne peut provenir ni de la réfraction, ni d'une erreur systématique dans la déclinaison ou du pointé des étoiles; elle ne pourrait non plus tenir à la flexion de l'instrument, qui a été déterminée au moyen de ces mêmes observations et trouvée sensiblement la même dans ses deux positions, ni aux erreurs de division des cercles, qui ont été déterminées avec le plus grand soin. Il n'est pas non plus possible que cet écart soit attribué à une erreur systématique dans la détermination du nadir; les mesures des mêmes angles, effectuées dans les deux positions pour révéler la cause de cette

divergence, ont montré qu'elle est, en grande partie au moins, d'origine instrumentale et indépendante de cette opération.

Mais ce n'est pas la première fois qu'on a constaté des discordances systématiques plus ou moins sensibles entre les résultats fournis par les deux positions d'un cercle méridien; une pareille divergence de 1″ s'est présentée dans la détermination de la latitude de l'Observatoire de Toulouse; une différence de 0″,41 se trouve également dans celle de l'Observatoire de Bordeaux, etc. Une anomalie analogue fut observée au cercle méridien du jardin de l'Observatoire de Paris; elle fut considérablement diminuée par le remplacement des cercles et les modifications apportées aux microscopes par M. Lœwy. Mais le cas n'est pas le même dans notre instrument : ici les lectures des deux cercles se font au moyen des mêmes microscopes, qui sont d'ailleurs assez puissants; et les traits des cercles sont neufs et en très bon état. L'étude complète de ce cercle, qui continue encore, va probablement nous révéler la cause de cet écart.

Pour obtenir la valeur de la latitude d'une manière différente et indépendante des erreurs des déclinaisons, nous avons procédé à l'observation des deux culminations consécutives de quelques circompolaires; cette série (1904-1905), qui ne contient que 42 mesures, a donné les résultats suivants :

Position directe..................	37°.58′.20″,81 ± 0″,14
Position inverse..................	37.58.18,95 ± 0,07
Moyenne..........................	37.58.19,88 ± 0,06

Les résultats de cette série accusent une divergence analogue, et, ce qui est digne d'attention, de même signe; d'ailleurs, ce qui est remarquable, la moyenne s'accorde presque complètement avec celle de la série précédente.

Pour vérifier et compléter les résultats de ces deux séries, nous avons effectué, à l'aide d'un autre observateur, M. Georgantis, une nouvelle série de 1023 mesures d'étoiles fondamentales [1]; voici les résultats de ces observations (1907-1908) :

Position directe..................	37°.58′.20″,70 ± 0″,02
Position inverse..................	37.58.18,49 ± 0,02
Moyenne..........................	37.58.19,60 ± 0,02

Les résultats de ces trois séries, qui semblent indiquer que la divergence observée n'est peut-être pas indépendante des différentes conditions d'obser-

(1) Les déclinaisons de ces étoiles ont été prises dans la *Connaissance des Temps*, sauf celles de γ^1 Vierge et η Serpent, qui nous donnaient des résultats trop erronés; nous les avons donc calculées d'après le *Nautical Almanac*, ce qui nous a fourni des valeurs concordantes avec le résultat général.

vation, font voir, en même temps, que les erreurs qui en résultent doivent se compenser presque complètement dans la moyenne. En effet, les trois séries, dont les résultats doivent évidemment s'accorder complètement, ou à quelques dixièmes de seconde près au plus, traitées séparément pour chaque position, conduisent à des valeurs trop discordantes et inadmissibles; tandis qu'au contraire les trois moyennes accusent un accord vraiment remarquable, montrant qu'elles seraient affranchies, presque entièrement, de l'erreur systématique en question.

Mais la légitimité de cette hypothèse, qui avait besoin d'une confirmation plus sûre, vient d'être vérifiée, d'une manière indubitable, par notre grande série zénithale, effectuée suivant la méthode de Horrebow-Talcott, au moyen du cercle Starke (utilisé comme lunette zénithale) pendant la période 1897-1902; la réduction des 5681 observations (couples) de cette série, que nous venons de terminer, nous a donné, pour la position du cercle Gautier, la valeur 37° 58′ 19″, 83 ± 0″, 04. L'exactitude incontestable de ce résultat, obtenu d'une manière tout à fait indépendante des séries précédentes, vient vérifier la justesse de notre hypothèse sur la moyenne des résultats obtenus dans les deux positions de l'instrument, avec laquelle elle s'accorde si bien.

Mais cette conclusion donne à réfléchir sur l'exactitude des résultats des observations méridiennes, faites dans une seule position et avec un seul cercle; on devrait y chercher l'origine d'erreurs systématiques, dont doivent se trouver affectés les travaux basés sur ces mesures. Chaque cercle méridien devrait être étudié à ce point de vue.

La latitude définitive qui résulte de la moyenne pondérée des quatre valeurs ci-dessus est :

Pour le cercle Gautier	37° 58′ 19″,71 ± 0″,02
Pour le cercle Starke	37.58.19,32 ± 0,02

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse totale de Lune du* 3 *juin* 1909 *à l'Observatoire de Toulouse.* Note de M. **L. Montangerand**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai observé l'éclipse totale de Lune du 3 juin à l'équatorial photographique de la Carte du Ciel. Je me proposais de déterminer les moments des phases principales du phénomène et de photographier la Lune pendant la totalité.

Relativement à ce second point du programme on sait que, dans certaines éclipses, la Lune, plongée dans le cône d'ombre terrestre, garde une coloration rougeâtre photogéniquement faible, mais susceptible néanmoins d'impressionner des émulsions photographiques appropriées. Déjà, aux éclipses des 27 décembre 1898, 16 décembre 1899 et 11 avril 1903, j'avais pratiqué ces impressions avec des plaques d'émulsions diverses; les plaques dites *panchromatiques* m'avaient permis d'obtenir l'image du disque lunaire entier. Ces expériences ont fait l'objet de Notes publiées aux *Comptes rendus*.

Pour l'éclipse du 3 juin dernier, je voulais essayer les nouvelles plaques Lumière *étiquette violette* annoncées et connues comme étant d'extrême sensibilité.

Au début du phénomène, pendant la phase de la pénombre, le ciel étant beau, je n'ai pas pu constater, avec la lunette-pointeur, d'obscurcissement sensible dans l'éclairement lunaire. Au moment de l'entrée dans l'ombre un gros nuage a envahi le ciel et caché la Lune.

La totalité allait commencer quand le nuage s'est dissipé, laissant le ciel beau jusqu'à la fin de l'éclipse. J'ai noté l'heure du commencement au chronomètre sidéral Fénon 36; cet instant est, en temps moyen de Paris, $13^h 7^m 26^s$. Le moment prévu par la *Connaissance des Temps* était $13^h 7^m,5$; il y a donc accord complet.

Puis j'ai pu, pendant la totalité, faire trois clichés I, II et III avec des plaques violettes 7×7, de poses successives 1, 2 et 3 minutes. Ces opérations étaient rendues malaisées : 1° par la difficulté de suivre, avec l'horlogerie, le mouvement propre rapide de la Lune; 2° par l'état d'ondulation des images produit par la faible hauteur de l'astre sur l'horizon; 3° par la faiblesse de visibilité des accidents lunaires servant de guides pour la conduite de l'instrument. Les accidents considérés étaient des points ou de petites taches arrondies.

En raison de la sensibilité prévue pour les plaques employées et de l'éclat constaté de la Lune éclipsée, la pose de 3 minutes me paraissait suffisante. Cependant, pour plus de sûreté, j'ai fait un dernier cliché IV avec 4 minutes de pose.

La fin de la totalité venait alors d'avoir lieu. L'instant noté pour cette phase est, en temps moyen de Paris, $14^h 8^m 54^s$. La *Connaissance des Temps* prévoyait $14^h 9^m,0$.

Je signale enfin que, pendant la totalité, la coloration rougeâtre était très sensible à l'œil nu et présentait une plage d'intensité maxima qui se déplaçait naturellement avec le mouvement de la Lune.

Quant à la sortie de l'ombre elle s'est produite très près de l'horizon et dans les brumes de la ville; je n'ai pu en noter le moment.

Les clichés développés ont montré les détails suivants :

Les images ont, malgré les difficultés de la conduite de l'instrument, une bonne netteté. La plage brillante est très apparente et, dans cette région,

la surface lunaire est bien venue. Du cliché I au cliché III, la partie du disque photographiée va en s'élargissant. Dans le cliché IV, seul, le disque est à peu près complètement reproduit.

Une pose de 5 minutes, jugée inutile comme trop longue, aurait donné le disque entier, ainsi que l'avaient fait les plaques panchromatiques (poses : 10 et 15 minutes) pour les éclipses de Lune des 27 décembre 1898 et 16 décembre 1899.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales pseudo-elliptiques ou hyperelliptiques de la forme* $\int_0^x \frac{x^p\,dx}{\sqrt{X_{2p+2}}}$. Note de M. **E. Vallier**.

Dans une Note communiquée à l'Académie en 1893, *Sur la représentation approximative des fonctions expérimentales entre des limites données* (*Comptes rendus,* t. CXVI, p. 712), j'ai fait usage de polynomes s'écartant le moins possible de zéro pour x variant entre o et h, puis d'autres astreints en outre à s'annuler ainsi que leur dérivée première pour $x = 0$, et, faisant état des recherches analogues de Tchebychef, j'ai montré qu'en désignant par $T(x)$ un tel polynome, les valeurs de x pour lesquelles le polynome $T(x)$ atteignait sa limite extrême $\pm L$ étaient les racines communes des équations

$$(1)\qquad (x-h)\frac{T'(x)}{x} = 0.$$

et

$$(2)\qquad L^2 - T^2(x) = 0,$$

On peut remarquer que les racines de $T'(x)$ autres que zéro sont racines doubles de l'équation (2), d'où il suit qu'on a

$$(3)\qquad L^2 - T^2(x) = \frac{T'^2(x)}{x^2} P_4,$$

P_4 étant un polynome du quatrième degré s'annulant pour $x = h$ et qui s'obtient algébriquement comme quotient de la division de $L^2 - T^2(x)$ par $\frac{T'^2(x)}{x^2}$.

La courbe figurative de $T(x)$ a une forme sinusoïdale, avec l'axe des x pour tangente à l'origine.

Algébriquement, on obtient les polynomes $T(x)$ et P par la méthode des coefficients indéterminés, et c'est ainsi que j'ai pu indiquer les racines numériques de $T(x) = 0$ pour les troisième, quatrième et cinquième degrés, en vue des applications à la représentation des fonctions expérimentales.

Mais il convient de remarquer en outre que les polynomes $T(x)$ peuvent également servir à la recherche de certaines intégrales pseudo-elliptiques ou hyperelliptiques, et c'est ce qui fait l'objet de la présente Note.

On peut d'abord donner à l'équation (3) la forme plus générale

$$L^2 - T^2(x) = \frac{T'^2(x)}{x^{2p}} P_{2p+2}, \tag{3 bis}$$

représentant le cas où l'on eût recherché pour la courbe $y = T(x)$ un contact d'ordre p avec l'axe des x. C'est, au point de vue des applications, le cas où l'on veut donner à l'observation faite pour $x = 0$ un poids triple, quadruple, etc. de celui affecté aux observations faites pour les autres valeurs de x racines de $T(x) = 0$.

Mettant maintenant l'équation (3 *bis*) sous la forme différentielle, nous écrirons les deux relations

$$dI = \frac{dT(x)}{\sqrt{L^2 - T^2(x)}} \quad \text{et} \quad dI = \frac{x^p\,dx}{\sqrt{P_{2p+2}}}.$$

L'intégrale I définie par la deuxième relation est d'ordinaire elliptique ou hyperelliptique, mais la première expression montre qu'il existe des valeurs des polynomes P [obtenues algébriquement à l'aide de (3 *bis*)] et pour lesquelles l'intégrale I devient la fonction circulaire arc $\sin \frac{T(x)}{L}$, c'est-à-dire qu'il existe alors un multiplicateur $\varphi(x)$ tel qu'on peut écrire

$$\frac{x^p \varphi(x)}{\sqrt{P_{2p+2}\,\varphi^2(x)}} = \frac{T'(x)}{\sqrt{L^2 - T^2(x)}}.$$

A chaque multiplicateur $\varphi(x)$ correspond un polynome $T(x)$ et par suite un polynome $P(x)$ et un seul donnant une intégrale circulaire au lieu d'une intégrale elliptique ou hyperelliptique lorsque le numérateur est de la forme x^p.

Les conditions expérimentales qui nous ont fait aborder cette étude entraînaient la mise du radical sous la forme $\sqrt{L^2 - T^2(x)}$, mais pour les calculs algébriques il est plus aisé de prendre la forme $\sqrt{T^2(x) - L^2}$ que nous emploierons désormais.

La recherche des polynomes $\varphi(x)$ est une simple question d'algèbre : en écrivant en effet

$$\varphi(x) = (x - a_1)(x - a_2)\ldots(x - a_n),$$

on aura le système de $n - 1$ équations de condition homogènes

$$\left.\begin{array}{l} T(a_1) = T(a_3) = T(a_5) \quad \ldots \\ T(a_2) = T(a_4) = T(a_6) \quad \ldots \end{array}\right\} \quad T(a_1) + T(a_2) = 0,$$

qui déterminent complètement les polynomes $\varphi(x)$ et $T(x)$ et par suite les polynomes $P(x)$, avec un paramètre arbitraire.

Lorsque le multiplicateur $\varphi(x)$ est du premier ou du deuxième degré, on peut immédiatement obtenir les résultats sous forme explicite.

Ainsi, pour un multiplicateur du premier degré $x - a$, on trouve

$$P_{2p+2} = \left[\left(\frac{x^{p+2}}{p+2} - \frac{a\,x^{p+1}}{p+1}\right)^2 - \frac{a^{2p+2}}{(p+1)^2(p+2)^2}\right] : (x-a)^2,$$

pour lequel $I = \int_0^x \frac{x^p\,dx}{\sqrt{P_{2p+2}}}$ est une intégrale circulaire.

De même, si l'on pose

$$P_{2p+2} = Q_1 Q_2,$$

$$Q_1 = \left[\frac{x^{p+3}}{p+3} - (a_1 + a_2)\frac{x^{p+2}}{p+2} + a_1 a_2 \frac{x^{p+1}}{p+1} - L\right] : (x - a_1)^2,$$

$$Q_2 = \left[\frac{x^{p+3}}{p+3} - (a_1 + a_2)\frac{x^{p+2}}{p+2} + a_1 a_2 \frac{x^{p+1}}{p+1} + L\right] : (x - a_2)^2,$$

$$L = \frac{a_1^{p+2}}{p+2}\left(\frac{a_2}{p+1} - \frac{a_1}{p+3}\right),$$

avec l'équation de condition homogène

$$\frac{a_1 a_2}{p+1}(a_1^{p+1} + a_2^{p+1}) - \frac{a_1^{p+3} + a_2^{p+3}}{p+3} = 0,$$

l'intégrale

$$\int_0^x \frac{x^p\,dx}{\sqrt{P_{2p+2}}} = \log\left[T(x) + \varphi(x)\sqrt{P_{2p+2}}\right]$$

sera logarithmique, le polynome P_{2p+2} ne renfermant qu'un paramètre arbitraire.

Lorsqu'on prend $p = 1$, les intégrales sont pseudo-elliptiques et le multiplicateur $\varphi(x)$ n'est autre que le dénominateur Q des réduites d'Abel, avec

une équation de condition supplémentaire, qui exprime que le numérateur de la différentielle ne renferme pas de terme constant.

Pour les valeurs de p supérieures à l'unité, les intégrales réduites sont hyperelliptiques.

Enfin, si l'on prend les multiplicateurs $\varphi(x)$ de degré supérieur à 2, on obtient des systèmes d'équations de condition entre les racines $a_1, a_2, \ldots,$ comme il a été dit plus haut, mais les solutions ne s'écrivent plus explicitement. Elles peuvent s'obtenir numériquement en vue des applications. Dans ce cas, il convient d'ajouter aux équations de condition déjà indiquées la relation $T(h) = T(a_{n-1})$ pour que le polynome $T(x)$ soit bien celui qui, ayant une racine zéro d'ordre $p+1$, s'écarte le moins de zéro dans l'intervalle de zéro à h.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une Note récente de M. S. Bernstein.* Note de M. S. **Zaremba**, présentée par M. Émile Picard.

Le résultat auquel arrive M. S. Bernstein dans sa Note *Sur le principe de Dirichlet, etc.* (*Comptes rendus,* 17 mai 1909), à savoir la possibilité de résoudre le problème de Dirichlet pour une aire bornée, limitée par un seul contour, au moyen d'une série de polynomes harmoniques, rentre, comme cas particulier, dans l'une des propositions que j'ai démontrées dans mon Mémoire récent *Sur le calcul numérique des fonctions demandées dans le problème de Dirichlet et le problème hydrodynamique* (*Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie,* février 1909, § 12, p. 140). D'ailleurs je forme les polynomes harmoniques précédents de telle sorte qu'ils se prêtent aussi bien à la résolution du problème hydrodynamique qu'à celle du problème de Dirichlet.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles à points critiques fixes.* Note de M. J. **Chazy**, présentée par M. Paul Painlevé.

M. Painlevé a constitué une méthode pour former toutes les équations différentielles du second ordre à points critiques fixes. Cette méthode a permis de découvrir des équations à points critiques fixes nouvelles, qui

se ramènent à l'équation

$$(1)\qquad y''=\frac{y'^2}{2}\left(\frac{1}{y}+\frac{1}{y-1}+\frac{1}{y-x}\right)-\left(\frac{1}{x}+\frac{1}{x-1}+\frac{1}{y-x}\right)y' + \frac{y(y-1)(y-x)}{x^2(x-1)^2}\left[\alpha+\frac{\beta x}{y^2}+\frac{\gamma(x-1)}{(y-1)^2}+\frac{\delta x(x-1)}{(y-x)^2}\right],$$

ou à des dégénérescences de celle-là.

La méthode de M. Painlevé se décompose en réalité en deux méthodes distinctes : la première met en évidence un certain ensemble de conditions nécessaires pour que les points critiques soient fixes, et s'étend d'elle-même aux équations d'ordre quelconque; la seconde, toute différente, a pour objet de montrer que dans le cas du second ordre ces conditions sont suffisantes, et son extension est plus difficile.

Parmi les équations du troisième ordre, la première méthode conduit à l'équation

$$(2)\qquad y'''=\sum\frac{(y'-a')(y''-a'')}{y-a}+\sum\frac{A(y'-a')^3+B(y'-a')^2+C(y'-a')}{y-a} + Dy''+Ey'+F+Gy+Hy^2.$$

Les fonctions a sont au nombre de six : les fonctions a, A, B, C, D, E, F, G, H satisfont à un système d'équations algébriques et différentielles qu'on peut obtenir en exprimant, d'une part, que la valeur $y=x$ n'est pas un pôle du coefficient différentiel; d'autre part, que les intégrales de l'équation qui prennent pour une valeur arbitraire x_0 les valeurs a, admettent au voisinage les développements

$$y=a+\alpha(x-x_0)+\beta(x-x_0)^2+\gamma(x-x_0)^3+\ldots,$$

les coefficients α et γ étant arbitraires. Ce système est assez compliqué. Par exemple, la détermination des A en fonction des a, au moyen d'équations algébriques, revient à la détermination d'un faisceau de formes binaires biquadratiques par sa jacobienne, problème qui dépend de la résolution d'une équation du cinquième degré. Si, par une transformation homographique effectuée sur y et un changement de variable, on prend pour quatre des fonctions a trois constantes numériques et x, l'intégrale générale contient six constantes arbitraires. *L'équation* (2), obtenue en prenant pour les coefficients l'intégrale générale du système, et *qui dépend ainsi de six paramètres arbitraires, a-t-elle ses points critiques fixes ?*

Si l'on suppose que les six fonctions a se confondent deux à deux, l'équa-

tion (2) dégénère en une équation dont les coefficients dépendent de trois paramètres arbitraires, mais qui se ramène précisément à l'équation (1). Si donc l'équation (2) a ses points critiques fixes, elle n'est pas réductible aux équations à points critiques fixes connues, et il n'y a que deux alternatives : ou bien elle se ramène au second ordre, ou bien elle est irréductible du troisième ordre.

Parmi les équations du quatrième ordre, la méthode de M. Painlevé (conditions nécessaires) met de même en évidence l'équation

$$y^{\text{IV}} = 30yy'' - 60y^3 + \alpha y + \beta,$$

α et β désignant des paramètres arbitraires. Les intégrales de cette équation n'ont pas de points critiques algébriques, mais elles admettent deux familles de pôles doubles mobiles dépendant de deux et trois constantes arbitraires. Les mêmes questions se posent : L'intégrale générale est-elle uniforme? Est-elle une fonction nouvelle? L'équation se ramène au troisième ordre en prenant y comme variable : pour $\alpha = \beta = 0$, elle se ramène même au second. Mais l'équation différentielle classique que vérifient les fonctions fuchsiennes et kleinéennes est réductible à une équation de Riccati, en permutant les rôles de la fonction et de la variable, et cela ne diminue pas l'intérêt de ces fonctions.

Signalons une analogie remarquable. Posons

$$y = \frac{u'^2 - uu''}{u^2};$$

u satisfait à l'équation

$$(3) \qquad uu^{\text{VI}} - 6u'u^{\text{V}} + 15u''u^{\text{IV}} - 10u'''^2 = \alpha(uu'' - u'^2) - \beta u^2.$$

Le premier membre est un invariant de la forme binaire en

$$(4) \qquad u^{\text{VI}} + 6\lambda u^{\text{V}} + 15\lambda^2 u^{\text{IV}} + 20\lambda^3 u''' + 15\lambda^4 u'' + 6\lambda^5 u' + \lambda^6 u.$$

C'est donc un fait à ajouter à ceux que M. Borel signalait dans une Note des *Comptes rendus* (8 février 1904). M. Borel citait un certain nombre d'équations dont l'intégrale générale est une fonction entière, et observait qu'en séparant les termes dont le *poids* est le plus élevé, on obtient des invariants usuels de formes binaires telles que (4). A ce point de vue, l'équation (3), pour $\alpha = \beta = 0$, est le troisième terme d'une suite d'équations dont les deux premiers termes sont

$$uu'' - u'^2 = 0, \qquad uu^{\text{IV}} - 4u'u''' + 3u''^2 = 0.$$

Pour l'intégration de la seconde équation, la fonction σ de Weierstrass est nécessaire : si l'équation (3) a son intégrale générale entière, il semble que la fonction exponentielle et la fonction σ ne suffiront pas à l'exprimer.

On pourrait être tenté d'induire des remarques de M. Borel que toutes les équations différentielles ainsi déduites des invariants usuels ont leur intégrale générale entière. Le fait est exact pour les équations déduites des discriminants, mais leurs intégrales s'expriment très simplement par la fonction exponentielle. Il n'en est pas de même pour les équations de la suite que nous venons de considérer : l'intégrale générale des équations suivantes a des points critiques transcendants mobiles.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'étude des variations des quantités statistiques*. Note de M. **Émile Borel**.

Je considère une quantité variable y_n, fonction d'un indice entier n ; on peut chercher à mettre y_n sous la forme

$$y_n = u_n + v_n,$$

la quantité u_n variant régulièrement avec n, et la quantité v_n représentant un *écart* dont la variation irrégulière n'est assujettie qu'à des lois statistiques (loi de Gauss). Un cas fréquent dans la pratique est celui où l'indice n représente l'époque d'une observation statistique et où les écarts fortuits v_n sont importants par rapport aux variations lentes et régulières des u_n, de sorte que ces variations régulières, qu'il importerait de déceler, sont entièrement masquées par les écarts fortuits. Pour essayer de mettre en évidence ces variations régulières, on peut envisager, comme première approximation, l'hypothèse où elles sont linéaires ; on pose donc

$$u_{n+1} - u_n = \alpha,$$

et l'on se propose de déterminer la constante inconnue α. Écrivons, dans ce but,

$$y_{n+1} - y_n = v_{n+1} - v_n + \alpha.$$

Les écarts fortuits v_n obéissant à la loi de Gauss, il en est de même de la

différence entre deux quelconques d'entre eux [1], l'unité d'écart étant simplement alors multipliée par $\sqrt{2}$. Si donc on pose

$$v_{n+1} - v_n = x,$$

la probabilité pour que x soit compris entre x et $x + dx$ peut être représentée par

$$\frac{1}{k\sqrt{\pi}} e^{-\frac{x^2}{k^2}} dx,$$

k étant une nouvelle constante inconnue.

Parmi les moyens que l'on peut employer pour déterminer les deux inconnues α et k, celui qui paraît conduire aux calculs les plus simples me paraît être le suivant. Le calcul numérique des différences $y_{n+1} - y_n$ fait connaître $x + \alpha$; d'où l'on conclut aisément la moyenne des *valeurs absolues* de $x + \alpha$. D'autre part, un calcul facile donne, en désignant par $\mathfrak{M}(u)$ la valeur moyenne de u,

$$\mathfrak{M}|x + \alpha| = \frac{k}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{\alpha^2}{k^2}} + \frac{2\alpha}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{\alpha}{k}} e^{-\lambda^2} d\lambda.$$

Si l'on pose

$$\frac{\alpha}{k} = z, \qquad \Theta(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\lambda} e^{-\lambda^2} d\lambda,$$

on peut écrire

$$\begin{aligned} M_1 = \mathfrak{M}|x + \alpha| = \mathfrak{M}|y_{n+1} - y_n| &= k\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-z^2} + z\,\Theta(z)\right] \\ &= k\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} + \int_0^{z} \Theta(\lambda)\, d\lambda\right]. \end{aligned}$$

Ce calcul fournit une première relation entre les deux inconnues k et α, ou, si l'on préfère k et z ; on en obtiendra de nouvelles en calculant la valeur

---

[1] On introduit ici implicitement l'hypothèse que deux écarts consécutifs v_{n+1} et v_n sont *indépendants,* c'est-à-dire que le premier d'entre eux n'agit pas sur le second. Dans certains problèmes statistiques, cette hypothèse peut ne pas être exacte ; la méthode même indiquée ici permet de le constater, par le désaccord entre la théorie et l'observation ; j'en donne un exemple dans une Communication *Sur l'emploi de la méthode différentielle pour la comparaison des statistiques* présentée à la session de l'*Institut international de Statistique* de 1909.

absolue moyenne des différences $y_{n+2} - y_n$, $y_{n+3} - y_n$, etc., qui équivalent à $x + 2\alpha$, $x + 3\alpha$, etc. On obtient ainsi

$$M_2 = \mathfrak{M}|x + 2\alpha| = \mathfrak{M}|y_{n+2} - y_n| = k\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} + \int_0^{2z} \Theta(\lambda)\,d\lambda\right],$$

$$M_3 = \mathfrak{M}|x + 3\alpha| = \mathfrak{M}|y_{n+3} - y_n| = k\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} + \int_0^{3z} \Theta(\lambda)\,d\lambda\right].$$

Le calcul est particulièrement intéressant lorsque z est un nombre assez petit pour que l'on puisse négliger ses puissances supérieures à la quatrième; c'est précisément le cas signalé au début où les variations fortuites masquent la variation régulière; le développement en série de l'intégrale converge alors très rapidement et l'on peut écrire

$$M_1 = \frac{k}{\sqrt{\pi}}\left(1 + z^2 - \frac{z^4}{6} + \ldots\right),$$

$$M_2 = \frac{k}{\sqrt{\pi}}\left(1 + 4z^2 - \frac{8z^4}{3} + \ldots\right),$$

$$M_3 = \frac{k}{\sqrt{\pi}}\left(1 + 9z^2 - \frac{27z^4}{2} + \ldots\right).$$

On calculera les rapports

$$\beta = \frac{M_2 - M_1}{M_1}, \qquad \gamma = \frac{M_3 - M_2}{M_2},$$

et l'on obtiendra les valeurs approchées

$$z^2 = \frac{\beta}{3} + \frac{11\beta^2}{54}, \qquad z^2 = \frac{\gamma}{5} + \frac{31\gamma^2}{125}$$

ou, plus simplement et presque aussi exactement,

$$z^2 = \frac{\beta}{3} + \frac{\beta^2}{5}, \qquad z^2 = \frac{\gamma}{5} + \frac{\gamma^2}{4}.$$

Si ces formules s'accordent, on déduit aisément de la valeur de z celles de α et de k; si elles sont en désaccord, la recherche des causes de ce désaccord pourra mettre en lumière une propriété intéressante du phénomène étudié. Je n'insiste pas sur les applications, pour lesquelles je renvoie à la Communication déjà citée. On y verra l'intérêt que présentent les nombres obtenus par le calcul des valeurs absolues des différences entre des années, ou bien consécutives, ou bien séparées par un petit intervalle.

HYDRAULIQUE. — *Loi permettant le calcul immédiat du profil approché d'un cours d'eau de débit donné, quand la section liquide et le périmètre mouillé sont des fonctions algébriques de l'altitude de l'eau.* Note (¹) de M. **Philippe Bunau-Varilla**, présentée par M. P. Painlevé.

Définition. — On appellera *Chagres théorique* une rivière débouchant à $40^{km},225$ de l'extrémité des excavations, côté Atlantique, et débitant 3100^{m^3} par seconde. Le Chagres géographique est une rivière débouchant à 49^{km} de cette extrémité au lieu dit *Gamboa*, y débitant en moyenne, en mars, 23^{m^3} et dans la plus grande crue ($10^m,95$) connue depuis un demi-siècle (novembre 1879) 2041^{m^3}. A Bohio, 22^{km} plus bas, cette même crue maximum s'est élevée au-dessus du niveau d'étiage de $11^m,45$ et a débité 3100^{m^3}. A l'aval de Bohio, les affluents du Chagres peuvent être facilement jetés à la mer par de courtes dérivations. Ils n'interviennent pas dans le problème.

Objet de la Note. — Les difficultés de l'intégration font reculer devant le calcul du profil d'un cours d'eau. Le but de la présente Note est de rendre ce calcul facile avec une loi qui, bien que mathématiquement rigoureuse pour deux points infiniment voisins seulement, donne pourtant des résultats remarquablement exacts pour des points éloignés de plusieurs kilomètres. Comme la loi de Newton sur les miroirs sphériques, exprimée d'ailleurs par une formule identique, elle est vraie dans les limites de la pratique usuelle.

Loi. — La moyenne arithmétique des inverses des pentes de l'eau en deux points d'un cours d'eau est égale à l'inverse de la pente moyenne du cours d'eau entre ces points, c'est-à-dire au quotient de la longueur du cours d'eau entre ces points par leur différence de niveau.

Les pentes ainsi définies étant i, i' et I, la loi a pour expression

$$\frac{1}{i} + \frac{1}{i'} = \frac{2}{I}.$$

Applications. — 1° Dans la Note présentée à l'Académie des Sciences le 3 mai 1909, on a déterminé en chaque point la limite supérieure des vitesses que prend, sous l'influence des marées, l'eau dans un canal du type du « Détroit de Panama », ayant des parois à 45°, large de $152^m,50$ au fond, profond de $16^m,775$ à Panama et de $13^m,725$ à Colon, réunissant librement l'Atlantique, mer à niveau constant en cette région, avec le Pacifique, mer à marées ayant même niveau moyen que l'autre.

(¹) Présentée dans la séance du 7 juin 1909.

Cette limite, pour la marée exceptionnelle ayant $3^m,38$ de demi-amplitude à Panama, est de 3,32 nœuds à Panama et décroît, progressivement, quand on se rapproche de l'Atlantique, jusqu'à 2,48 nœuds à Colon.

Il est intéressant de rechercher quelles seraient les vitesses dans le « Détroit de Panama » si la surélévation de $3^m,38$ du Pacifique au-dessus de l'Atlantique au lieu d'être momentanée était permanente.

Les calculs faits d'après la *loi* montrent que, dans ce cas, la vitesse, au lieu de diminuer, augmenterait de Panama à Colon. Elle serait à Panama de 2,17 nœuds et à Colon 3,31 nœuds. Son maximum serait donc le même que celui produit par les marées, mais il serait déplacé de bout en bout.

2° Dans la même hypothèse d'une surélévation permanente de $3^m,38$ du côté du Pacifique, on peut se demander ce qui se passerait si à $40^{km},225$ de l'extrémité des excavations, côté Atlantique, le « Détroit de Panama » recevait librement le Chagres théorique débitant 3100^{m^3} par seconde.

Les calculs faits d'après la *loi* permettent de constater qu'au débouché du Chagres théorique il se produirait un gonflement élevant la surface de l'eau à $3^m,104$ au-dessus de l'Atlantique, restreignant les vitesses du côté du Pacifique, les augmentant du côté de l'Atlantique. La chute totale entre le Pacifique et le débouché du Chagres théorique serait de 276^{mm}. Le débit entre le Pacifique et le débouché du Chagres théorique serait 1767^{m^3} par seconde et 4867^{m^3} entre le débouché du Chagres théorique et Colon.

En comparant les vitesses créées, dans le « Détroit de Panama », par la simple action des marées et celles du cas présent, on voit que la vitesse à Panama serait réduite de 3,32 nœuds à 0,987 nœud et que, à Colon, elle serait élevée de 2,48 nœuds à 4,147 nœuds.

3° Si l'on jette le Chagres théorique dans le « Détroit de Panama » soumis à l'action naturelle des marées, il est clair que, lorsqu'il y aura marée haute à Panama, il se produira aussi à l'entrée du Chagres un gonflement analogue à celui du cas précédent, mais moins élevé par suite de la momentanéité de la surélévation du Pacifique. Il en résultera, du côté de Panama, une diminution de vitesse des courants de marée et, du côté de Colon, une augmentation des vitesses par rapport à celles causées par les marées. Mais les variations ainsi produites n'auront évidemment pas l'amplitude que nous venons de déterminer pour le cas où la dénivellation de $3^m,38$ du Pacifique serait permanente, et l'on n'atteindra pas un chiffre ni aussi réduit que 0,987 nœud à Panama ni aussi élevé que 4,147 nœuds à Colon.

On peut admettre que les vitesses réelles seront intermédiaires entre

celles du régime de la dénivellation permanente et celles que donnent les marées simplement sans afflux du Chagres et que les maxima de ces vitesses seront exprimés par la moyenne des chiffres maximums correspondant à ces deux cas, soit à Panama $\frac{3^n,32 + 0^n,987}{2} = 2,153$ nœuds et, à Colon, $\frac{4^n,147 + 2^n,48}{2} = 3,313$ nœuds. Le maximum a lieu à Colon.

Le maximum de vitesse reste donc identique (3,32 nœuds) lorsque les plus grandes crues du Chagres se déversent librement dans le « Détroit » ou lorsqu'on les écarte, soit en les retenant dans un réservoir, soit en les jetant dans une dérivation. Seule la place du maximum change.

La solution du problème du Chagres. — Le détroit de Panama résout donc intégralement le problème du Chagres. Il libère la jonction des océans de tout ouvrage artificiel susceptible de destruction par cause sismique ou autre : écluses de marée et haut barrage de retenue des crues, éléments essentiels des deux types de canal à niveau jusqu'ici considérés (Compagnie du Canal interocéanique en 1881 : 22^m largeur au fond, 9^m profondeur; Consulting Board en 1906 : $45^m,75$ largeur au fond, $12^m,20$ profondeur, tous deux devant être excavés, par machines sur rails).

Les apports d'ailleurs restreints du Chagres en crue seront balayés par les courants de marée. Le type de Canal dit « Détroit de Panama » offre également aujourd'hui l'avantage d'être la moins coûteuse des solutions actuelles, malgré son volume trois fois plus grand que celui du type de 1906, grâce à l'excavation sur l'eau beaucoup plus que trois fois moins chère, à Panama, que l'excavation sur rails par unité de mesure, à raison des progrès faits dans l'art de draguer les terres et les roches et dans celui d'utiliser les forces motrices naturelles pour produire la puissance mécanique.

La vitesse maximum 3,32 nœuds est calculée avec une formule donnant des résultats péchant par excès et avec l'hypothèse excessive de la combinaison d'une crue exceptionnelle avec une marée exceptionnelle aussi. Or, cela est météorologiquement impossible car la grande marée a lieu à l'équinoxe et les grandes crues surviennent au moment de l'arrivée des alizés qui suivent de 2 à 3 mois l'équinoxe d'automne. On peut donc compter que le courant maximum, en toutes circonstances, ne dépassera pas sensiblement les trois nœuds qu'on obtient, pour la vitesse maximum des courants de marée, en employant la formule de Tadini au lieu de celle qui a été employée dans les calculs de cette Note et de celle du 3 mai 1909, c'est-à-dire en exprimant la vitesse par $50\sqrt{Ri}$ au lieu de $56,86\sqrt{Ri} - 0.07$.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la condensation de l'émanation du radium.* Note [1] de M. A. **Laborde**, présentée par M. Lippmann.

MM. Rutherford et Soddy ont démontré en 1903 que l'émanation du radium, condensée à la température de l'air liquide dans un tube de cuivre, se dégage brusquement quand la température s'est élevée jusqu'à la valeur de — 150° environ.

Mme P. Curie m'a conseillé de rechercher si la nature de la paroi du tube, où s'est effectuée la condensation, a quelque influence sur la température à laquelle se produit le dégagement de l'émanation.

J'ai mesuré cette température de dégagement par une méthode tout à fait semblable à celle de MM. Rutherford et Soddy :

J'ai déterminé, à l'aide d'un couple thermo-électrique [2] cuivre-constantan, la température à laquelle l'émanation, condensée à — 182°,5 dans un tube de la substance étudiée [3], est entraînée par un courant d'air [4] débarrassé de vapeur d'eau et d'anhydride carbonique. Dans ce but, j'ai disposé, à la sortie du serpentin, sur le trajet du courant d'air, un petit condensateur cylindrique dans lequel les courants d'ionisation, produits par l'émanation, sont mesurés par la méthode du quartz piézo-électrique.

J'ai mesuré la température de dégagement dans le *cuivre*, le *fer*, l'*étain*, l'*argent*, le *verre* et le *verre argenté*.

Il résulte de mes expériences que l'émanation du radium se dégage à la même température (— 153° à — 155°) dans les quatre métaux étudiés. J'ai

---

(1) Présentée dans la séance du 7 juin 1909.

(2) Le couple était relié à un galvanomètre du type Deprez-d'Arsonval. Il a été étalonné en prenant comme points de repère la température de l'anhydride carbonique en neige (— 79°,5), celle de la fusion de l'éther sulfurique (— 117°,6) et celle de l'oxygène liquide (— 182°,5). Aux basses températures observées, la déviation du galvanomètre produisait un déplacement de $1^{mm},5$ par degré sur une échelle placée à 1^m.

(3) Ce tube était enroulé en serpentin et noyé dans de la grenaille de cuivre à l'intérieur d'un vase isolateur thermique de Dewar. — Diamètre intérieur des tubes : $0^{cm},15$; longueur des serpentins : $1^m,50$ environ.

(4) La vitesse du courant d'air était de 0,26 cm^3 : s; ceci correspondait, dans le serpentin, à une vitesse linéaire du courant d'air de 15 cm : s.

en outre observé que, dans le verre, le dégagement se produit vers $-177°$, $-179°$ et, dans le verre argenté, vers $-175°$, $-177°$; c'est-à-dire environ 20° à 24° plus bas que dans les métaux étirés en tube ([1]).

Ces diverses expériences ont été parfois effectuées, tant pour les métaux que pour le verre, avec des quantités d'émanation qui ont varié depuis celle que peut produire $0^{mg},0004$ de radium à l'équilibre jusqu'à celle que peut produire $0^{mg},34$ de radium à l'équilibre.

J'ai cherché, d'autre part, à mettre en évidence comment se comportent, dans une expérience semblable, des corps connus pour leur propriété d'absorber certains gaz. J'ai étudié, à ce point de vue, le *charbon de bois de noix de coco*, qui absorbe très facilement l'émanation du radium ([2]) ainsi que l'a démontré M. Rutherford, l'*écume de mer*, le *noir de platine* et la *mousse de platine*.

A la sortie d'un serpentin d'étain, et refroidi en même temps que lui, j'ai disposé, sur le trajet du courant d'air, un petit tube de verre mince, de 4^{mm} de diamètre intérieur, renfermant, sur une longueur de 4^{cm} à 5^{cm}, de petits fragments de la substance étudiée.

Dans ces conditions, l'allure de l'expérience a été, pour certaines substances, profondément modifiée : en effet, quand l'émanation a été condensée dans un tube de métal, de verre ou de verre argenté, elle se dégage tout à fait brusquement : elle détermine dans le condensateur de mercure, placé à la sortie des tubes refroidis, un courant d'ionisation qui croît très rapidement et passe par un maximum quelques minutes après le début du dégagement. Au contraire, si la substance étudiée, interposée sur le parcours du courant d'air, est du charbon de bois, de l'écume de mer ou du noir de platine, le dégagement de l'émanation est beaucoup moins brusque et, parfois, au bout d'une heure, le dégagement d'émanation n'a pas encore cessé alors que la température s'est considérablement élevée. Pour de faibles quantités d'émanation, le début du dégagement peut même se produire à une température plus élevée que dans le cas des métaux.

([1]) J'ai contrôlé que cet abaissement de la température de dégagement dans le verre et dans le verre argenté ne provient pas d'un réchauffement de la paroi interne du tube par le courant d'air : dans ce but, le courant d'air a été refroidi dans un serpentin métallique avant son passage sur l'émanation condensée dans le verre.

([2]) M. E. Henriot (*Le Radium*, février 1908) a déjà étudié cette absorption aux températures élevées jusque vers $+350°$.

Ces modifications dans la marche de l'expérience n'ont pas pu être observées dans le cas de la mousse de platine.

L'effet obtenu avec l'écume de mer et le noir de platine s'explique aisément si l'on admet que ces deux corps sont susceptibles, comme le charbon de bois, d'absorber l'émanation du radium : M. Rutherford a démontré, en effet, que la quantité d'émanation absorbée par un poids donné de charbon de bois à une température donnée est limitée. On peut alors penser que, dans mes expériences, le charbon de bois, l'écume de mer et le noir de platine abandonnent lentement, au fur et à mesure du réchauffement, l'émanation qu'ils ont pu absorber à des températures inférieures.

On peut déduire de ces divers résultats que la nature de la paroi intervient dans le phénomène de la condensation de l'émanation du radium. Il n'est pas possible de dire que l'absorption par la paroi en soit le principal facteur : cependant, si l'on considère que l'émanation du radium est retenue très facilement dans certains corps poreux comme le *charbon de bois*, l'*écume de mer*, le *noir de platine;* moins facilement et à plus basse température dans les *métaux;* à une température encore inférieure dans le *verre* ou dans le *verre argenté*, on peut se demander si tous les corps ne jouissent pas de la propriété d'absorber l'émanation du radium, mais à des températures différentes.

Cette température d'absorption dépendrait alors plutôt de l'état physique des corps que de leur nature atomique : en effet, le noir de platine semble absorber davantage l'émanation que ne le fait la mousse de platine, et l'argent étiré en tube semble la retenir plus aisément que l'argent déposé en miroir.

Il est possible que tous les corps soient capables, comme le charbon de bois, d'absorber, pour chaque température, une quantité limitée d'émanation, celle-ci étant très faible dans certains cas pour les températures élevées comme l'ont montré les expériences de P. Curie [1] sur l'absorption à température ordinaire.

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau détecteur d'ondes pour la télégraphie et la téléphonie sans fil.* Note de M. **G.-E. Petit**, présentée par M. Poincaré.

Ce détecteur, dû à M. Meunier, comporte une pointe conductrice très fine reposant avec une pression déterminée sur une pyrite de fer naturelle. Il

(1) *Journal de Chimie physique*, t. I, p. 409-449.

fonctionne sans pile, comme le *Perikon* et les détecteurs similaires, mais il présente l'avantage sur ces derniers et sur les détecteurs électrolytiques de ne pas se blesser sous l'action de fortes émissions ou de violents parasites.

Le service radiotélégraphique des Postes et des Télégraphes l'a mis en service depuis février 1909 dans ses stations des Saintes-Maries-de-la-Mer et d'Alger : il a été constaté que sa sensibilité est constante et de même ordre que celle des meilleurs détecteurs connus.

La pyrite peut être déplacée dans deux sens rectangulaires au moyen de deux vis micrométriques, afin d'assurer le contact sur les points de sensibilité maxima; la pointe est à l'extrémité d'un fléau qui porte un poids mobile et des contrepoids pour régler la pression au contact.

PHYSIQUE. — *Observation, faite parallèlement aux lignes de force, des dissymétries de positions et d'intensités des composantes magnétiques de certaines raies d'émission; nouveau type de dissymétrie de positions.* Note de M. **A. Dufour**, présentée par M. J. Violle.

L'étude des modifications que subissent les raies dans le champ magnétique a montré que, le plus souvent, une raie fournit un certain nombre de composantes, dont les intensités et les places dans l'échelle des fréquences admettent un axe de symétrie qui a, jusqu'ici, paru être presque toujours la raie primitive elle-même. Pour ces raies à décompositions symétriques, l'étude du phénomène de Zeeman, faite parallèlement ou perpendiculairement au champ, a toujours fourni, dans ces deux cas, les mêmes résultats aussi bien au point de vue de la place que de l'intensité des composantes.

Au cours des recherches que je poursuis sur les bandes des vapeurs, j'ai rencontré quelques raies à composantes magnétiques dissymétriques. De pareilles décompositions dissymétriques ont déjà été signalées pour certaines raies d'émission, en particulier par Jack (1), Moore (2), etc., mais elles n'ont été constatées que dans l'observation de la lumière émise *perpendiculairement* aux lignes de force magnétiques. Il y avait un certain intérêt à voir si ces dissymétries se retrouvaient dans l'observation longitudinale, dans le cas de raies d'émission parfaitement fines et bien définies (3).

(1) Jack, *Thèse* (Göttingen), 1908.

(2) Moore, *Physikalische Zeitschrift*, t. X, 1909, p. 297.

(3) De pareilles dissymétries ont été déjà observées parallèlement au champ pour certaines bandes d'absorption des terres rares (J. Becquerel, *Le Radium*, t. V, 1908, p. 5).

J'ai étudié les raies d'émission données par l'oxyde de chrome projeté dans la flamme ou par le chrome métallique dans l'étincelle et dont les longueurs d'onde sont comprises entre $\lambda = 5200$ et $\lambda = 5410$. Le champ était fourni par un gros électro-aimant Weiss qui a permis d'utiliser dans l'observation faite parallèlement aux lignes de force des champs de 28000 à 35000 gauss. En général, les photographies ont été relatives au champ de 28000 gauss. Les constatations ont été faites visuellement ou sur les clichés. Je donnerai ailleurs des reproductions de ces clichés et les résultats des mesures qui ont montré que les écarts des composantes sont le plus souvent en rapport simple avec l'écart normal.

Les résultats obtenus pour les douze raies que j'ai étudiées peuvent se résumer ainsi :

1° *Les mêmes symétries ou dissymétries de positions ou d'intensités des composantes d'une même raie se retrouvent* qualitativement et quantitativement, *aussi bien dans l'observation longitudinale* du spectre des vibrations circulaires *que dans l'observation faite transversalement* du spectre des vibrations perpendiculaires aux lignes de force.

2° Pour les raies $\lambda = 5206,20$-$5208,40$, on retrouve le cas général : il paraît y avoir symétrie de positions et d'intensité des composantes par rapport à la raie initiale.

3° Pour la raie 5348,31, la symétrie de positions est conservée, tandis que les composantes accélérées sont moins intenses que les autres.

4° Pour les autres raies (exemples $\lambda = 5204,49$-$5247,56$), l'ensemble de la raie modifiée n'est plus symétrique par rapport à la raie initiale; mais, *en première approximation,* elle l'est encore vis-à-vis d'une ligne *décalée du côté du violet* par rapport à la raie initiale. Pour les vibrations parallèles au champ, on retrouve donc un résultat analogue à celui donné par Gmelin et par Zeeman pour une raie jaune du mercure, avec cette différence qu'ils ont trouvé la ligne de symétrie décalée *vers le rouge* par rapport à la raie initiale. Pour les vibrations perpendiculaires au champ, la dissymétrie que que je signale est nouvelle. Quant aux intensités des composantes, elles sont symétriques ou non, la dissymétrie des intensités présentant, suivant la raie considérée, les deux sens possibles.

5° Enfin la raie $\lambda = 5264,15$ mérite une mention spéciale, parce que ses composantes ne présentent même pas la symétrie de position par rapport à une ligne, comme il arrive pour les exemples précédents. Elle fournit un sextuplet formé d'un doublet D pour les vibrations parallèles au champ et d'un quadruplet Q pour les autres. Or, ce dernier est formé de deux dou-

blets d_1, d_2, d'*écarts différents;* les milieux des doublets d_1, d_2 ont un écart double de l'écart normal; le doublet D a l'écart normal; la somme des écarts des doublets d_1, d_2 paraît être égale à l'écart du doublet D; enfin D et *les milieux* de d_1, d_2 admettent un même axe de symétrie décalé vers le violet par rapport à la raie initiale.

En résumé, mes recherches étendent à ces cas plus compliqués la relation simple qui existe entre les observations du phénomène de Zeeman faites parallèlement et perpendiculairement au champ [1]. Elles apportent en outre un nouveau type de ces dissymétries que les théories actuelles du phénomène de Zeeman n'expliquent pas encore complètement.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'origine physique du dégagement d'électricité dans les réactions chimiques.* Note de MM. **M. de Broglie** et **L. Brizard**, présentée par M. E. Bouty.

Nous avons examiné, dans une Note précédente (*Comptes rendus,* 31 mai 1909), l'état d'électrisation des fumées produites dans certaines réactions chimiques; l'étude des poussières fines obtenues dans des circonstances variées nous permet de préciser les conditions dans lesquelles elles se chargent.

Des réactions chimiques nombreuses donnent naissance à des fumées chargées; ainsi, les gaz récemment préparés par voie sèche ou par voie humide [2] présentent souvent une charge en même temps qu'ils contiennent des poussières. Les faits qui vont être cités et qui résument un grand nombre d'expériences nous conduisent à penser que la production de charges est alors due, non au phénomène *chimique,* mais à un phénomène *physique* concomitant, le plus souvent à une *rupture de surface liquide ou cristalline* (barbotage dans un liquide ou éclatement de cristaux), sans parler des nombreuses autres causes d'ionisation : phosphorescence, corps solides fortement chauffés, etc.

---

(1) De la relation entre le pouvoir rotatoire magnétique pour ces vapeurs et le phénomène de Zeeman on peut conclure que, au voisinage des raies dissymétriques, la courbe de dispersion rotatoire magnétique est elle-même dissymétrique. Il suffit d'appliquer la méthode graphique simple due à M. Cotton (*Le phénomène de Zeeman,* p. 90). Je l'ai observé en effet pour la raie dissymétrique du triplet vert du chrome.

(2) Townsend, divers Mémoires; E. Bloch, *Thèse,* 1904.

1° Parmi les phénomènes obtenus par *voie sèche,* signalons, par exemple, la formation du chlorure d'ammonium par union directe des gaz chlorhydrique et ammoniac, la décomposition des poudres amorphes telles que le carbonate de plomb, l'oxyde de mercure, etc. Ces réactions *chimiques,* dans lesquelles il ne se produit ni barbotage, ni éclatement de surfaces cristallines, donnent des poussières *non chargées.*

Au contraire, il suffit de chauffer légèrement des sels cristallisés, tels que le chlorure de sodium, les chlorure, bromure et iodure de potassium, l'azotate de plomb, etc., de manière qu'ils décrépitent *sans décomposition* pour obtenir des poussières *chargées*; à la même température, le chlorure de sodium qui a été fondu ne décrépite pas et ne fournit pas de charges.

L'électrisation des fumées qui accompagnent l'oxygène préparé par calcination du permanganate de potassium, par exemple, s'explique immédiatement par le décrépitement des cristaux employés. Il y a lieu de signaler cependant une exception apparente à cette explication ; l'oxygène préparé par la chauffe de l'oxyde d'argent amorphe est chargé ; le fait est très vraisemblablement dû à l'émission de charges par l'argent métallique qui se forme dans la réaction ; ce métal a été signalé, en effet, par Strutt comme émettant des charges à température basse ; l'émission de charges persiste, du reste, après la décomposition complète de l'oxyde.

2° Pour les gaz préparés par voie humide, l'emploi simultané de la méthode électrométrique et de la méthode ultramicroscopique nous a montré également que la charge est *entièrement* due au barbotage des bulles dans le liquide.

Ainsi s'explique en particulier la charge des fumées obtenues en projetant dans l'eau des corps tels que l'anhydride sulfurique, le perchlorure de phosphore, qui, par simple exposition à l'air humide, donnent des fumées non chargées.

Certains liquides ne donnent pas de centres chargés par barbotage ([1]) ; on doit dès lors s'attendre à ce que des gaz produits dans ces liquides, même par réaction vive, ne contiennent pas de fumées chargées ; c'est ce que nous avons vérifié pour les actions violentes de l'acide azotique sur des liquides organiques tels que la benzine et l'essence de térébenthine ; les fumées qui se produisent sont neutres.

En définitive, dans les nombreux exemples que nous avons examinés, exemples dans lesquels il ne se produit pas de phosphorescence et où la température est assez peu élevée pour qu'on n'ait pas à faire intervenir les charges émises par les solides fortement chauffés, *les fumées obtenues sont chargées lorsqu'il y a rupture de la surface d'un cristal ou d'un liquide actif par barbotage et dans ce cas seulement, et cela tout à fait indépendamment de la réaction chimique qui peut ou non se produire en même temps ;* pour préciser le mécanisme du phénomène, nous ajouterons que les poussières doivent se charger au moment où elles traversent la surface, siège d'une couche double d'électricité, et non par une diffusion ultérieure de petits ions

([1]) M. DE BROGLIE, *Ann. de Chim. et de Phys.*, janvier 1909.

sur elles[1]; ainsi des fumées neutres de chlorure d'ammonium, introduites dans un récipient où décrépitent des cristaux de sel ou dans un appareil à préparation de gaz par voie humide ne se chargent pas.

On serait, de même, plutôt autorisé à penser que, dans les phénomènes qui donnent naissance à des poussières chargées et où se produisent à la fois une réaction chimique et un phénomène physique tel que la haute température, la charge des particules est aussi d'origine physique; il faut noter cependant que les travaux de MM. Garrett et Willows [2] sur la conductibilité des gaz chauffés, en présence de certains sels vers 350°, ont conduit ces auteurs à envisager une expulsion chimique d'électrons, voisine peut-être de la radioactivité; la charge acquise par les sels chauds a été aussi étudiée par le professeur J.-J. Thomson [3].

PHYSIQUE. — *Sur le dichroïsme magnétique des terres rares.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

M. Urbain a déjà appelé l'attention [4] sur l'utilité des déterminations magnétiques relatives aux sels du groupe des terres rares, en faisant remarquer que les éléments voisins, dans ce groupe, se différencient nettement par leurs propriétés magnétiques, alors que les solubilités de leurs sels sont presque identiques et leurs poids atomiques peu différents.

J'ai pensé qu'il y aurait intérêt à étudier le dichroïsme magnétique de ces substances et je me suis adressé à M. Urbain qui a bien voulu, avec une amabilité dont je le remercie, mettre à ma disposition quelques échantillons de sels (oxalates) formés avec ces terres (lanthane, samarium, gadolinium, dysprosium).

Le Tableau suivant résume les expériences que j'ai faites avec ces sels rangés dans l'ordre des poids atomiques du métal, poids atomique écrit au-dessous de chacun d'eux.

A chacun de ces corps correspondent deux colonnes marquées DM et DS et qui contiennent les résultats relatifs, l'une au dichroïsme magnétique, l'autre au di-

(1) A l'encontre de ce qui se passe pour la charge des centres neutres par les rayonnements ionisants.

(2) *Philosophical Magazine*, 1904 et 1907.

(3) *Proceedings of the Cambridge Society*, 1907.

(4) *Comptes rendus*, 14 décembre 1908, p. 1286.

chroïsme spontané :

	Lanthane : 138.		Samarium : 150.		Gadolinium : 157.		Dysprosium : 162.	
	D. M.	D. S.	D. M.	D. S.	D. M.	D. S.	D. M.	D. S.
Eau...............	+		+	— f.			+	
Alcool............	+ int.	—	+	—	+		+	
Éther............	+ int.	—	+					
Benzine..........	+		+ f.				+	
Sulfure de carbone.	— int.		—				—	

Pour plusieurs de ces corps, j'ai déterminé les indices par la méthode de Becke ; ces indices sont compris entre ceux du sulfure de carbone et de la benzine (1,62 et 1,50), ce qui vérifie la loi des indices, le changement de signe du dichroïsme ayant lieu lorsqu'on passe d'un de ces liquides à l'autre ; j'ai fait cette détermination pour les oxalates de gadolinium, de lanthane et de dysprosium, dont les cristaux étaient très nets ; pour le samarium, la poudre n'avait pas un aspect cristallin permettant l'emploi commode de la méthode.

Ces sels présentent le dichroïsme magnétique direct, c'est-à-dire que le signe du dichroïsme magnétique est le même que celui de $n_s - n_l$, n_s et n_l étant les indices du solide et du liquide.

Les termes extrêmes (lanthane et dysprosium) offrent un dichroïsme magnétique beaucoup plus énergique que les termes moyens (samarium et gadolinium, ce dernier étant inactif avec la plupart des liquides).

De plus, le lanthane et le samarium offrent des cas de dichroïsme spontané que ne présentent pas le gadolinium et le dysprosium.

TÉLÉMÉCANIQUE. — *Dispositif de commande de signaux à distance avec ou sans fil.* Note de M. D'IVRY, présentée par M. L. Cailletet.

Ces appareils permettent de provoquer à distance, avec un seul fil, ou sans fil de ligne, au moyen des ondes hertziennes, des commandes ou manœuvres variées, telles que : allumage de signaux, mise en marche ou arrêts de moteurs, hélices, gouvernails, aiguillages, embrayage ou désembrayages.

Ils ont l'avantage de posséder une sécurité absolue et les qualités requises pour diriger ou commander à distance des engins sous-marins, terrestres ou aériens.

Il est possible d'obtenir l'exécution de la commande, soit instantanément,

soit seulement au bout d'un nombre quelconque de secondes après l'avoir envoyée, et d'annuler ladite commande avant ou pendant son exécution. Le manipulateur et le récepteur reviennent ensuite d'eux-mêmes simultanément au point de départ (zéro du cadran).

Le système que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie comporte deux appareils principaux qui ont été construits par MM. P. Ducretet et E. Roger, savoir :

1° *Un manipulateur-expéditeur* des commandes à effectuer;
2° *Un récepteur-exécuteur* des commandes expédiées.

Le manipulateur (*fig.* 1 et 2) est composé essentiellement d'un cadran divisé en parties égales, chacune servant à une commande distincte, sauf la dernière qui est le point de départ ou de repos lors de la remise automatique du zéro. Sur le cadran se trouve une première aiguille, folle autour de son axe et servant d'index pour la commande choisie; une seconde aiguille, calée sur l'axe, est entraînée par un petit moteur et se met en mouvement aussitôt que l'index a été déplacé du zéro. Cette seconde aiguille, pendant sa rotation, effectue les différents contacts et vient rencontrer la première aiguille à la position qui a été déterminée d'avance ; cette rencontre provoque la rupture du circuit; la deuxième aiguille entraînant ensuite la première, la ramène au zéro.

Les différents plots de contact sont disposés en couronne sur le socle de l'appareil; les plots pairs servent à envoyer les commandes et les plots impairs à les annuler. Lorsque le frotteur fixé sur l'axe portant l'index passe sur un plot, le courant est envoyé dans un relais qui produit l'émission de courant dans le récepteur, lequel porte le même nombre de plots que le manipulateur.

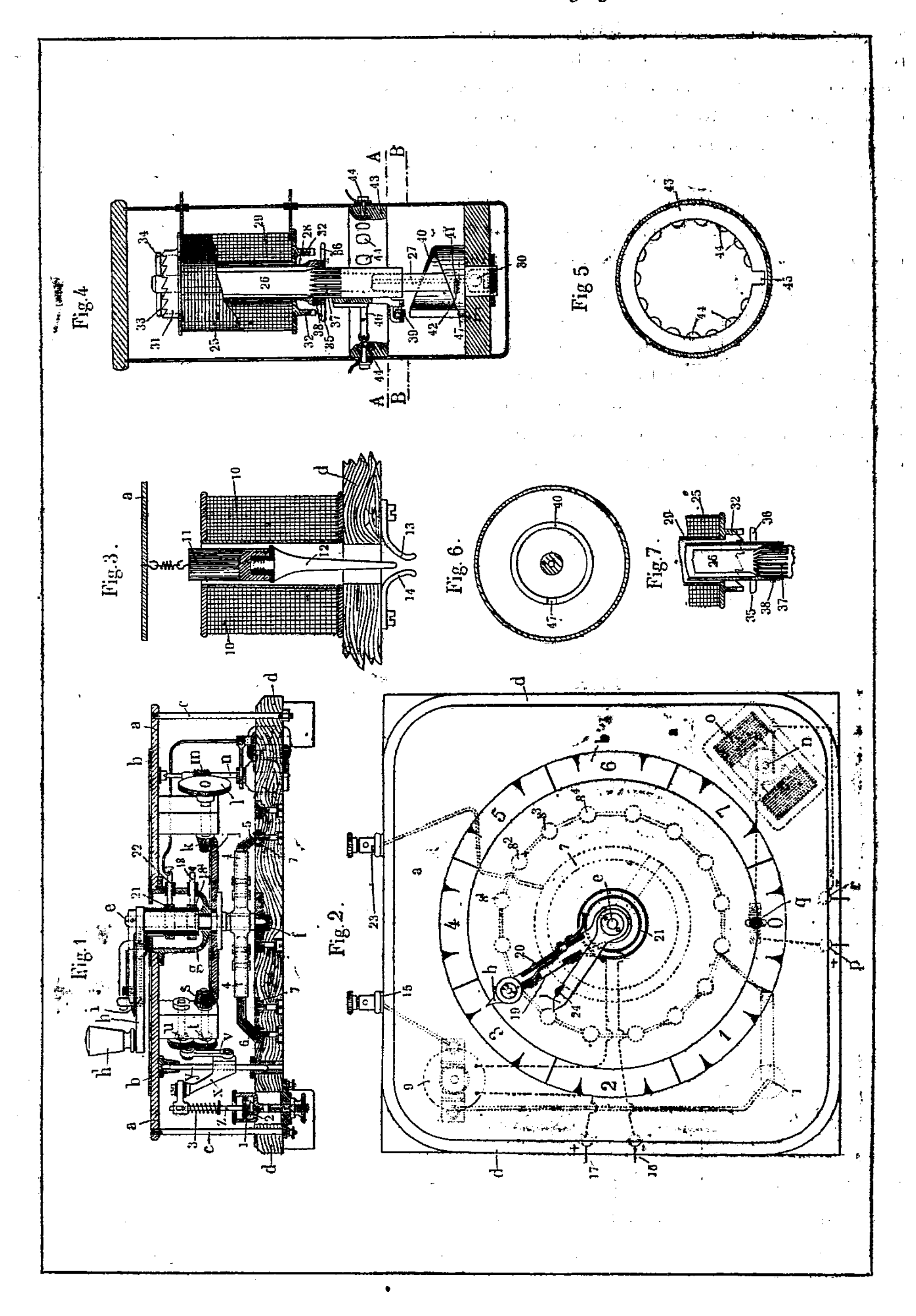
Le récepteur est relié au transmetteur par un seul fil de ligne, quel que soit le nombre des commandes à exécuter. Si la commande doit avoir lieu sans fil au moyen des ondes hertziennes, le récepteur manœuvre au moyen d'un courant local et d'un relais très sensible combiné avec un détecteur de trains d'ondes.

Dans les deux cas, le courant actionnant les appareils constituant les diverses commandes est emprunté à une source électrique locale reliée au récepteur.

Tous les organes du récepteur sont immergés dans un bain de pétrole et d'huile mélangés. A chaque émission de courant produite à distance, un solénoïde soulève un noyau de fer creux fermé à son extrémité supérieure en forme d'éprouvette renversée.

Ce noyau constitue le corps d'une petite pompe dont le piston fixe consiste en un second tube concentrique à frottement, fixé sur l'embase et portant à sa partie inférieure un clapet à bille.

Au moment de l'ascension du corps de pompe, le clapet se soulève et une petite quantité de pétrole est aspirée. Quand le solénoïde n'attire plus le noyau, ce dernier reste néanmoins soulevé un certain temps, parce que sa chute brusque est retardée par le pétrole contenu dans la pompe, d'où il ne peut s'écouler que lentement par une


Fig.1
Fig.2
Fig.3
Fig.4
Fig 5
Fig. 6
Fig.7

petite ouverture à débit réglable. Lorsque le noyau est dans cette position, le levier de contact se trouve au-dessus de la couronne de plots et peut ainsi passer successivement en regard de chacun d'eux sans en toucher aucun; à chaque émission, le levier avance de l'intervalle d'un plot. Lorsque le levier est arrêté au-dessus du plot correspondant à la commande choisie, il descend lentement sur ledit plot avec lequel il vient prendre contact lorsque le pétrole est sorti, en quantité suffisante, du corps de pompe. C'est ce qu'on appelle le *retard au contact*.

Le mouvement de rotation du levier de contact est obtenu par un système de rochets disposés en deux couronnes dans lesquelles un ergot avance d'une dent à chaque soulèvement du noyau.

Enfin, aussitôt la commande exécutée, le levier de contact, continuant à descendre, passe au-dessous de la couronne de plots, et un galet fixé au bas du noyau glisse alors sur un plan incliné circulaire, c'est-à-dire en spirale, ce qui a pour effet de ramener le levier à la position initiale de repos. Cette manœuvre s'effectue en même temps sur le manipulateur, de sorte que les deux postes, bien qu'éloignés l'un de l'autre, sont remis au zéro automatiquement et simultanément.

La sécurité offerte dans le fonctionnement des appareils permet leur emploi dans toutes les applications de la *Télémécanique*.

THERMOCHIMIE. — *Comparaisons entre les nitriles et les carbylamines.* Note de M. **P. Lemoult**, présentée par M. E. Jungfleisch.

J'ai montré antérieurement (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 902) que les carbylamines étaient des composés à surcharge thermique, c'est-à-dire que la chaleur de combustion de l'une quelconque d'entre elles, C^xH^yAz ou $C^{x-1}H^y(CAz)$ comprend non seulement les appoints thermiques normaux de la matière contenue, comptés à raison de 102^{Cal} par atome C, $55^{Cal},2$ par atome H et $16^{Cal},5$ par atome Az, mais encore un surcroît accidentel qui s'élève ici à 17^{Cal} et qui caractérise les carbylamines; en étudiant les deux premiers termes de la série, j'avais établi la formule

$$f[C^{x-1}H^y(CAz)] = 102x + \frac{55}{2}y + 16,5 + 17$$

et annoncé sa généralité. Au cours d'un important travail sur les carbylamines, M. Guillemard (*Thèse de Doctorat*, Paris, 1908, Gauthier-Villars, p. 98), qui a retrouvé pour la méthyl- et l'éthylcarbylamine des valeurs presque identiques aux miennes, a déterminé en outre la chaleur de combustion de cinq autres composés de cette série; les nombres qu'il a trouvés

s'accordent au mieux avec ceux qu'annonçait la formule ci-dessus :

	Trouvé.	Calculé.	Approximation.
Méthylcarbylamine	318,7 (L.) Cal / 320,1 (G.)	320 Cal	(3)
Éthylcarbylamine	479,2 (L.) / 480,1 (G.)	477	(2)
Propylcarbylamine	638,9	634	(2)
Isobutylcarbylamine	795,0	791	(2)
Isoamylcarbylamine	948,15	948	(3)
Benzylcarbylamine	1045,35	1042	(3)
Allylcarbylamine	608,8	607	(3)

C'est tout au plus si l'on serait tenté d'augmenter de une ou deux unités la valeur de la surcharge caractéristique des carbylamines. Il est à remarquer que, pour l'allylcarbylamine, la double liaison entre 2^{at} de carbone donne ici son appoint ordinaire, 28^{Cal}, comme dans l'éthylène lui-même.

L'existence de la surcharge étant hors de doute, la comparaison avec les nitriles prend un intérêt tout particulier. En effet, les chaleurs de combustion actuellement admises pour les nitriles : acétique et propionique, ayant les valeurs indiquées dans la colonne I du Tableau suivant, alors que leurs chaleurs de combustion théoriques (c'est-à-dire évaluées d'après $102x + \frac{55}{2}y + 16,5$: *Ann. Ch. et Phys.*, 8e série, t. V, 1905, p. 28 et 34) atteignent les valeurs qui figurent dans la colonne III du même Tableau, on voit que ces chiffres présentent entre eux des anomalies tout à fait singulières. Pour le nitrile acétique la valeur mesurée est inférieure de $11^{Cal},35$ à la valeur théorique et, pour le nitrile propionique, la différence atteint $13^{Cal},3$ dans le même sens; de telles irrégularités peuvent d'autant moins facilement passer inaperçues que pour les premiers termes de séries il y a parfois des écarts, mais toujours en sens inverses de ceux qu'on voit ici. On était alors naturellement amené à supposer que les deux séries tautomères des nitriles et des carbylamines se tiennent, du moins dans les premiers termes, à peu près à égale distance thermique d'une série de composés inexistants qui auraient pour chaleur de combustion $102x + \frac{55}{2}y + 16,5$, les nitriles ayant environ 12^{Cal} à 13^{Cal} de moins et les carbylamines 17^{Cal} à 18^{Cal} de plus que ces composés hypothétiques. Avant de hasarder une telle conception, il m'a paru prudent de reprendre la mesure relative aux deux premiers nitriles,

puis de pousser, un peu plus loin qu'on ne l'avait fait jusqu'ici, l'exploration thermique de cette série. Le détail de ces expériences sera donné dans un autre Recueil; je me borne à indiquer ici dans la colonne II les résultats obtenus :

	Mesuré. — Anciennes valeurs.	Mesuré. — (P. Lemoult).	Calculé.	Approximation.
	Cal	Cal	Cal	
Acétonitrile	291,6	304,0	303	(3)
Propionitrile	446,7	458,5	460	(3)
n-butyronitrile	»	616,3	617	(3)
Isovaléronitrile	»	775,7	774	(3)
Naphtonitrile-α	»	1333,2	1331	(3)
Naphtonitrile-β	»	1327,3	1331	(3)

Avec les nouveaux résultats, l'anomalie soupçonnée s'évanouit; les nitriles sont des composés normaux sans déficit, ni surcharge thermique, tandis que les carbylamines sont des composés anormaux à cause d'une surcharge de 17^{Cal} à 18^{Cal}.

J'ai indiqué (*Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 903) que, d'après des considérations thermiques, *l'acide cyanhydrique serait une carbylamine;* mon raisonnement qui ne faisait pas intervenir l'acétonitrile laisse donc à ma conclusion sa très grande vraisemblance; la nouvelle preuve que M. Guillemard (*loc. cit.*, p. 110) pense avoir apportée me paraît moins bien établie et me semble en défaut sur deux points.

Argentocyanures métalliques. — Les mesures de chaleurs de combustion faites sur eux par M. Guillemard (*loc. cit.*, p. 114) apportent une nouvelle contribution à la manière dont j'envisage l'édification des chaleurs de combustion et au procédé qui permet de les calculer. Si en effet on admet que l'atome d'argent fixé à l'azote apporte $-8^{Cal},5$, on a des nombres calculés très satisfaisants.

Exemple : Argentocyanure d'isoamyle, mesuré $1^{Cal},071$; calculé $1^{Cal},069$.

Il est très probable que dans d'autres molécules *l'atome* Ag *fixé de la même manière apportera également* $-8^{Cal},5$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques sulfates doubles de calcium.* Note de M. **Barre**, présentée par M. H. Le Chatelier.

I. *Sulfates de calcium et d'ammonium.* — Lorsqu'on agite du sulfate de chaux avec une solution concentrée de sulfate d'ammonium, il se forme au

bout de quelques instants de belles aiguilles que Fassbender (1), puis Ditte (2) ont les premiers remarquées et auxquelles ils ont reconnu la composition $CaSO^4(NH^4)^2SO^4H^2O$.

M'étant proposé de rechercher dans quelles limites de température et de concentration ce sel double est stable, j'ai étudié la solubilité du sulfate de chaux dans des solutions de sulfate d'ammonium aux différentes températures. J'ai opéré de façon à me trouver toujours en présence de deux phases solides : 1° sel double, sulfate d'ammonium ; 2° sel double, sulfate de chaux. J'ai obtenu les résultats suivants :

Excès de $(NH^4)^2SO^4$.			Excès de $CaSO^4$.		
Température.	$CaSO^4$.	$(NH^4)^2SO^4$.	Température.	$CaSO^4$.	$(NH^4)^2SO^4$.
6°.....	0,1529	41,82	3°.....	0,3782	36,62
40,5...	0,1569	44,55	31.....	0,4070	35,50
58.....	0,1662	46,07	60.....	0,5083	34,97
78.....	0,1968	47,51	75.....	0,5898	34,86
100.....	0,2546	49,45	80.....	0,6108	34,88
			84.....	0,5725	32,40
			100.....	0,4895	25,97

Ces nombres se rapportent à 100g de solution.

Ces Tableaux montrent :

1° Que la solubilité du sulfate de chaux est considérablement augmentée par la présence du sulfate d'ammonium ;

2° Que le sulfate double $CaSO^4(NH^4)^2SO^4H^2O$ est stable entre 0° et 100° en présence d'un excès de sulfate d'ammonium ;

3° Qu'une concentration de 35 pour 100 environ est nécessaire pour que ce sel double se forme ;

4° Enfin, qu'en présence d'un excès de sulfate de chaux, un second sel double prend naissance à partir de 80°. Ce nouveau sel double, comme le premier décomposable par l'eau, a pu être obtenu en cristaux très volumineux et par suite faciles à séparer rapidement à la pince, en effectuant la transformation à une température voisine de 80°. L'analyse a donné les

(1) FASSBENDER, *Ber. deut. chem. Ges.*, t. IX, 1876, p. 1358.

(2) DITTE, *Comptes rendus*, t. LXXXIV, 1877, p. 86.

valeurs suivantes :

	I.	II.	Calculé.
Perte au rouge pour 100.....	32,79	32,16	32,67
SO^3 pour 100..............	58,52	59,15	59,40
$CaSO^4$ pour 100...........	67,10	67,35	67,32

d'où la formule $2CaSO^4(NH^4)^2SO^4$ (¹).

II. *Sulfate de calcium et de potassium.* — Une étude identique pour le sulfate double de potassium et de calcium, $K^2SO^4CaSO^4H^2O$ (²), m'a donné les résultats suivants, pour 100ᵍ de solution :

	Excès de $CaSO^4$.		Excès de K^2SO^4.	
Température.	$CaSO^4$.	K^2SO^4.	$CaSO^4$.	K^2SO^4.
0°........	0,1296	2,00	0,0229	6,99
18........	0,1531	2,79	0,0271	9,81
51........	0,1754	4,21	0,0300	14,18
80........	0,1922	5,00	0,0349	17,55
99........	0,1980	5,39	0,0371	19,70

Ce Tableau montre :

1° Que le sulfate de chaux est moins soluble dans l'eau chargée de sulfate de potassium que dans l'eau pure ;

2° Que le sulfate double $CaSO^4K^2SO^4H^2O$ est stable de 0° à 99° aussi bien en présence d'un excès de sulfate de chaux qu'en présence d'un excès de sulfate de potassium ;

3° Qu'à aucun moment ne prend naissance dans cet intervalle de température le sulfate double $2CaSO^4K^2SO^4, 3H^2O$ que Ditte (³) dit avoir obtenu par action à froid d'une solution concentrée de sulfate de potassium sur du gypse.

Je n'ai pu prolonger suffisamment la durée des expériences pour obtenir le sulfate double pentacalcique, $K^2Ca^5(SO^4)^6.H^2O$, décrit par Van't Hoff (⁴) et dont la formation est très lente.

(¹) J. d'Ans, *D. ch. G.*, t. XL, 1907, p. 192.
(²) H. Rose, *Ann. Phys. Chim. Pogg.*, t. XCIII, 1854, p. 600.
(³) Ditte, *Comptes rendus*, t. LXXXIV, 1877, p. 86.
(⁴) Van't Hoff, *Sitzungsber.-Wiss.*, Berlin, 1904, p. 935.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Caractère métallique d'un radical organique.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. A. Haller.

Les dérivés monochloré et monobromé du dinaphtopyrane

$$\left[C^{10}H^6\left\langle\begin{matrix}CH\\O\end{matrix}\right\rangle C^{10}H^6\right],$$

que nous avons découverts ([1]) et désignés sous le nom de *sels de pyryle* ([2]), s'éloignent infiniment, par leurs très curieuses propriétés, des substances organiques halogénées, non pourvues d'azote.

Ils prennent la singulière allure de sels métalliques en présence de divers réactifs, parmi lesquels nous signalerons :

1° Les acides minéraux;
2° L'acide picrique;
3° L'hydrogène sulfuré.

1° *Sous l'influence des hydracides, les sels de pyryle subissent les mêmes décompositions que les sels de potassium; l'acide chlorhydrique déplace le brome du bromure de pyryle, avec formation de chlorure de pyryle et d'acide bromhydrique :*

$$\left[C^{10}H^6\left\langle\begin{matrix}CH\\O\end{matrix}\right\rangle C^{10}H^6\right]Br + HCl = \left[C^{10}H^6\left\langle\begin{matrix}CH\\O\end{matrix}\right\rangle C^{10}H^6\right]Cl + HBr,$$
$$K - Br + HCl = KCl + HBr.$$

Inversement, l'acide bromhydrique transforme le chlorure de pyryle en bromure, avec mise en liberté d'acide chlorhydrique :

$$\left[C^{10}H^6\left\langle\begin{matrix}CH\\O\end{matrix}\right\rangle C^{10}H^6\right]Cl + HBr = \left[C^{10}H^6\left\langle\begin{matrix}CH\\O\end{matrix}\right\rangle C^{10}H^6\right]Br + HCl,$$
$$KCl + HBr = KBr + HCl.$$

Comme pour le cas des sels métalliques, ces réactions réversibles font prévoir l'existence, dans les solutions acides de sels de pyryle, d'équilibres, caractérisés par un certain partage de la base organique oxygénée entre les

---

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. CXXXIII, 8 juillet 1901, p. 100; *Bull. Soc. chim.*, t. XXV, 8 juin et 26 juillet 1901, p. 706 et 770.

([2]) A. Haller, *Les récents progrès de la Chimie*, t. I, p. 3, et *Revue générale des Sciences* de L. Olivier, 1902, p. 930.

masses actives des acides antagonistes :

$$\left[C^{10}H^{6}\left\langle{CH \atop O}\right\rangle C^{10}H^{6}\right]Br + HCl \rightleftarrows \left[C^{10}H^{6}\left\langle{CH \atop O}\right\rangle C^{10}H^{6}\right]Cl + HBr.$$

2° *Les sels de pyryle, en solution acétique, additionnés d'acide picrique, se conduisent comme les sels de potassium; un picrate se dépose, avec mise en liberté de l'acide du sel primitif :*

$$CH\left\langle{C^{10}H^{6} \atop C^{10}H^{6}}\right\rangle O\,Cl + C^{6}H^{2}(NO^{2})^{3}OH = HCl + CH\left\langle{C^{10}H^{6} \atop C^{10}H^{6}}\right\rangle O\,OC^{6}H^{2}(NO^{2})^{3}.$$

Le déplacement, par l'acide picrique, de l'halogène d'un composé organique, dépourvu d'azote, est, jusqu'ici, sans exemple.

Nous l'expliquons, provisoirement et sous d'expresses réserves, en admettant que les sels de pyryle, en milieu acétique aqueux, éprouvent une dissociation partielle :

$$CH\left\langle{C^{10}H^{6} \atop C^{10}H^{6}}\right\rangle O\,Cl + H^{2}O \rightleftarrows HCl + CH\left\langle{C^{10}H^{6} \atop C^{10}H^{6}}\right\rangle O\,OH.$$

L'acide picrique détruit cet équilibre en précipitant le pyranol sous forme de picrate. Il se produit une nouvelle dose d'hydracide et de pyranol. Celui-ci est abattu par l'acide picrique. La succession de ces phénomènes se poursuit jusqu'à ce que la totalité ou la presque totalité de l'halogène et du radical pyryle soient séparés de leur combinaison initiale et transformés : le premier, en hydracide dissous; le second, en picrate insoluble.

Inversement, l'acide chlorhydrique chasse l'acide picrique du picrate de pyryle, avec formation de chlorure.

Ce nouveau sel de pyryle à acide oxygéné, dont la formation et la constitution sont comparables à celles du picrate de potassium, ne doit pas être confondu avec les nombreuses combinaisons moléculaires d'acide picrique et de substances organiques, improprement désignées sous le nom de picrates. Il se présente en cristaux brillants, rouge-violet, fondant avec décomposition au delà de 220° (tube étroit). Il explose sous le choc, mais avec moins de facilité et d'intensité que le sel de potassium correspondant. Comme les autres sels de pyryle, il provoque l'oxydation de l'alcool en aldéhyde.

3° *L'hydrogène sulfuré précipite, à l'état de sulfure, les sels de dinaphtopyryle (chlorure, bromure, sulfate) de leur solution dans les acides minéraux ou organiques :*

$$2\left[C^{10}H^{6}\left\langle{CH \atop O}\right\rangle C^{10}H^{6}\right]Cl + H^{2}S = \left[C^{10}H^{6}\left\langle{CH \atop O}\right\rangle C^{10}H^{6}\right]^{2}S + 2HCl.$$

Inversement, les hydracides à l'ébullition décomposent ce nouveau sulfure en sel haloïde de pyryle et hydrogène sulfuré :

$$\left[C^{10}H^{6}\left\langle{CH \atop O}\right\rangle C^{10}H^{6}\right]^{2}S + 2HCl = 2\left[C^{10}H^{6}\left\langle{CH \atop O}\right\rangle C^{10}H^{6}\right]Cl + H^{2}S.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Actions des acides cacodylique et méthylarsinique sur le trichlorure d'antimoine.* Note de MM. **L. Barthe** et **A. Minet**, présentée par M. A. Haller.

En Chimie minérale, la seule combinaison d'arsenic et d'antimoine bien étudiée est l'arséniate d'antimoine; en Chimie organique, il n'en existe pas; de là l'intérêt de cette Communication.

I. *Action de l'acide cacodylique sur le trichlorure d'antimoine.* — Les composants mélangés dans la proportion d'une molécule en milieu aqueux un peu dilué ne se combinent pas; en opérant en solution très concentrée, par exemple avec de l'acide cacodylique en solution sirupeuse et du trichlorure d'antimoine à l'état déliquescent, on obtient un produit cristallisé qui se prend en masse. Il est mieux d'opérer le mélange des composants ($\frac{2}{100}$ de molécule) à froid et à sec dans un verre de Bohême, à l'aide d'un agitateur. Ils réagissent rapidement l'un sur l'autre, et se liquéfient au bout de quelques minutes, avec dégagement de chaleur et d'acide chlorhydrique. A ce moment précis, on ajoute 30^{cm^3} d'alcool à 95°, porté à la température de 50° environ; on obtient une solution qui abandonne des cristaux par refroidissement.

Les cristaux sont lavés à l'alcool à 95° froid, pour entraîner l'acide chlorhydrique formé; on sèche à l'étuve ou à l'air libre. Le composé obtenu ne contient pas d'eau de cristallisation. Il se présente sous forme de longues aiguilles prismatiques, d'aspect brillant et nacré, inaltérables à l'air et à la lumière.

Ces aiguilles sont formées d'acide cacodylique (il réduit à froid le réactif d'Engel-Bernard avec dégagement d'odeur infecte d'oxyde de cacodyle), d'antimoine et de chlore.

L'antimoine peut être dosé à l'état d'acide antimonieux, Sb^2O^3, le chlore au moyen d'une solution d'azotate d'argent titré, et l'arsenic après oxydation de la molécule cacodylique, de la façon suivante :

$0^g,20$ du produit à analyser sont additionnés de 30^{cm^3} d'eau distillée et de 10^{cm^3} d'ammoniaque; on maintient le mélange au bain-marie 1 heure. L'antimoine est intégrale-

ment précipité à l'état de Sb^2O^3, et il reste dans la liqueur du cacodylate d'ammoniaque et du chlorhydrate d'ammoniaque. La solution est évaporée à siccité au bain-marie bouillant. Le résidu est dissous dans 40^{cm^3} d'eau distillée; on titre le chlore à l'aide de la solution d'azotate d'argent $\frac{N}{10}$; ce dosage s'exécute très bien; il ne se fait de cacodylate d'argent qu'après la précipitation totale du chlore et la formation du chromate d'argent. On évapore à nouveau au bain-marie dans une capsule de porcelaine la liqueur privée de chlore, et l'on obtient du cacodylate d'ammoniaque auquel on ajoute $1^g,50$ d'azotate de potasse et pareille quantité de carbonate de potasse; on peut oxyder sur la flamme d'un bec de Bunsen tout l'arsenic, sans aucune perte.

Les dosages des éléments constituants de la molécule, exécutés comme il vient d'être dit, nous ont conduits à la formule

$$\begin{array}{l} O = As\begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases} \\ \quad\ | \\ \quad\ O - Sb\begin{cases} Cl \\ Cl \end{cases} \end{array}$$

composé formé en vertu de la réaction suivante :

$$O = As(CH^3)^2OH + SbCl^3 = HCl + O = As(CH^3)^2OSbCl^2.$$

Le *cacodylate d'antimoine dichloré* est insoluble dans l'eau; il ne se dissocie que très lentement dans l'eau froide, mais plus rapidement dans l'eau bouillante. L'alcool absolu bouillant dissout, pour 100 parties, $0^g,50$ de ce composé; mais on peut obtenir une belle cristallisation avec de l'alcool à 95°, renfermant 1 pour 100 d'acide chlorhydrique.

La double décomposition entre le cacodylate de soude et le trichlorure d'antimoine ne donne pas lieu à la formation de composé nouveau.

Les diverses manipulations que nous avons effectuées avec le cacodylate d'ammoniaque nous ont montré une nouvelle réaction de l'acide cacodylique. Si dans une solution renfermant de l'acide cacodylique et de l'azotate d'ammoniaque on ajoute un petit excès d'acide nitrique, il se développe une coloration rose-rouge semblable à celle de la phtaléine alcaline.

II. *Action de l'acide méthylarsinique saturé sur le trichlorure d'antimoine.* — Si dans une solution d'acide méthylarsinique ($\frac{1}{100}$ de molécule) saturée par du bicarbonate de soude et portée à l'ébullition on ajoute du trichlorure d'antimoine déliquescent ($\frac{1}{100}$ de molécule), il se fait immédiatement un précipité d'apparence amorphe, qui n'apparaît bien cristallisé qu'en le maintenant 1 heure ou 2 heures au bain-marie. On recueille sur filtre, et on lave à l'eau froide jusqu'à ce que l'eau de lavage ne renferme plus de chlore. Il reste dans la filtration du chlorure de sodium.

Les cristaux obtenus renferment de l'arsenic et de l'antimoine; ils sont exempts de chlore. Ils sont réduits à froid par le réactif d'Engel-Bernard.

L'antimoine peut facilement être dosé, comme il a été dit pour le cacodylate d'antimoine dichloré; quant au dosage de l'arsenic dans le méthylarsinate d'ammoniaque, il peut être effectué, après oxydation de cette molécule, par fusion avec l'azotate de potasse et le carbonate de potasse, fusion maintenue pendant au moins 15 minutes au chalumeau à gaz, soit par traitement à l'acide nitroso-sulfurique additionné d'un grand excès de permanganate de potasse, et calcination du résidu à haute température.

Les résultats analytiques obtenus nous ont conduits à la formule

$$CH^3AsO\begin{cases}O-SbO\\O-SbO\end{cases},$$

composé formé en vertu de la réaction suivante :

$$CH^3AsO\begin{cases}ONa\\ONa\end{cases}+2SbCl^3+2H^2O=2NaCl+4HCl+CH^3AsO\begin{cases}O-SbO\\O-SbO\end{cases}.$$

Le méthylarsinate d'antimoine est un composé cristallin, insoluble, dissociable dans l'eau froide, et surtout dans l'eau bouillante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcools et carbures aromatiques dérivés de la fénone.* Note de M. **J. Leroide**, présentée par M. A. Haller.

Les travaux de MM. Haller et Bauer (¹) sur les phényl- et benzylbornéols, qui ont permis de mettre en évidence l'influence qu'exerce sur le pouvoir rotatoire la position de la double liaison des carbures provenant de ces alcools par déshydratation, m'ont engagé à entreprendre une étude analogue sur les dérivés isomères de la fénone. Au cours de ce travail, j'étudierai en outre la constitution des carbures dérivés de ces alcools de manière à apporter une contribution particulière au groupe de la fénone.

La fénone donne avec les dérivés magnésiens benzéniques des produits d'addition insolubles dans l'éther et dans les carbures. Ces dérivés traités par l'eau régénèrent la fénone et le carbure correspondant au magnésien employé.

(¹) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 677.

Les combinaisons

$$C^6H^5MgBrC^{10}H^{16}O, \quad \underset{(1)}{CH^3}-C^6H^4-\underset{(2)}{MgBr}, C^{10}H^{16}O, \quad \underset{(1)}{CH^3}-C^6H^4-\underset{(4)}{MgBr}, C^{10}H^{16}O,$$

ont été préparées.

Chauffées pendant longtemps en présence d'une grande quantité de solvant, ces combinaisons se transforment en dérivés magnésiens d'alcools tertiaires. La formation de combinaison semblable n'a pas été observée à partir du chlorure de benzylmagnésium, qui donne directement l'alcool tertiaire.

Phénylfénol tertiaire. — Ce corps a été préparé en chauffant, pendant 60 heures, la combinaison de fénone et de bromure de phénylmagnésium en présence d'éther anhydre et de toluène. Le rendement est de 7 pour 100.

Cet alcool fond à 47°, il bout à 166°-167° sous 13^{mm}. Son pouvoir rotatoire spécifique mesuré en solution alcoolique a donné

$$[\alpha]_D = +45°,65 \quad \text{à} \quad 18°.$$

Orthotolylfénol tertiaire. — C'est un liquide bouillant à 175°-177° sous 14^{mm}. Ses autres constantes sont les suivantes :

$$\frac{d_{15}}{d_4} = 1,0890; \qquad [\alpha]_D = +23°,23 \text{ à } 18°.$$

Paratolylfénol tertiaire. — Cet alcool bout à 180°-181° sous 15^{mm}, il reste liquide même à basse température; il a pour densité

$$\frac{d_{15}}{d_4} = 1,0272$$

et pour pouvoir rotatoire spécifique

$$[\alpha]_D = +16°,30 \text{ à } 18°.$$

Benzylfénol tertiaire. — Ce corps se forme avec un rendement de 45 pour 100, il cristallise en longues aiguilles fondant à 65°-66° et son point d'ébullition est 181°-182° sous 15^{mm}. Son pouvoir rotatoire spécifique mesuré en solution alcoolique a donné

$$[\alpha]_D = +24°,20 \text{ à } 15°.$$

Ces alcools donnent des dérivés sodés qui peuvent servir à les séparer, au moment de leur formation, des produits secondaires qui les accompagnent.

Action des déshydratants sur le phénylfénol. — L'acide formique et l'acide acétique cristallisables agissent de la même façon. Il y a formation d'un carbure $C^{16}H^{20}$ bouillant à 157°-158° sous 13^{mm}-14^{mm}.

Sa densité est

$$\frac{d_{15}}{d_4} = 0,9795;$$

son indice de réfraction

$$n_j = 1,5536 \text{ à } 12°;$$

son pouvoir rotatoire spécifique

$$[\alpha]_D = +0°,60 \text{ à } 15°.$$

Ce carbure ne fixe pas d'acide bromhydrique en milieu acétique.

Le bisulfate de potasse conduit à un résultat différent; il se forme un carbure $C^{16}H^{20}$ fusible à 16°-17°, bouillant à 139°-141° sous 16mm; son pouvoir rotatoire spécifique est

$$[\alpha]_D = +22°,60 \text{ à } 18°.$$

En milieu acétique, il fixe lentement l'acide bromhydrique et donne un dérivé bromé fondant à 115°-116°.

L'acide pyruvique cristallisable donne avec le phénylfénol de fines aiguilles fondant à 151°-153°. Le corps ainsi obtenu ne donne pas de semicarbazone en solution alcoolique, et la potasse ne régénère pas d'acide pyruvique. La composition et le poids moléculaire sont pourtant voisins de ceux de l'éther pyruvique du phénylfénol.

Action des déshydratants sur le benzylfénol tertiaire. — L'acide formique cristallisable, l'acide oxalique desséché donnent un mélange de deux carbures $C^{17}H^{22}$.

La majeure partie passe à 152°-154° sous 14mm-15mm; le pouvoir rotatoire spécifique en solution alcoolique est de

$$[\alpha]_D = +71°,89 \text{ à } 18°;$$

l'indice de réfraction

$$n_j = 1,5472 \text{ à } 19°.$$

La portion la plus faible bout à 163°-166° sous 13mm-14mm. Elle a pour indice de réfraction $n_j = 1,5694$ à 19° et pour pouvoir rotatoire spécifique

$$[\alpha]_D = -35°,33 \text{ à } 18°.$$

Le bisulfate de potasse donne des carbures ayant les mêmes points d'ébullition, mais la portion bouillant à 152°-154° sous 14mm-15mm est lévogyre au lieu d'être dextrogyre.

Ces carbures ne fixent ni acide bromhydrique ni acide chlorhydrique en milieu acétique ou éthéré.

Constitution du carbure bouillant à 152°-154° *sous* 14mm-15mm. — Ce carbure en solution dans le chloroforme sec fixe de l'ozone; agité ensuite avec du bisulfite de soude, il donne la combinaison bisulfitique de l'aldéhyde benzoïque. La partie non combinée au bisulfite, traitée par la semicarbazide, donne un mélange de deux semicarbazones qu'on sépare au moyen du chloroforme. La première, peu soluble et fusible à 116°, est la benzalsemicarbazone. La deuxième, qui fond à 179°-181°, est la fénonesemicarbazone. Le carbure bouillant à 152°-154° sous 14mm-15mm est donc le benzilidène hydrofénène

$$C^{10}H^{16} = CH - C^6H^5.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les naphtanediols-β*. Note de M. **Henri Leroux**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Dans la présente Note, je me propose d'étudier le cisnaphtanediol-β (décahydronaphtylglycol-β) et le transnaphtanediol-β; je ferai en outre connaître un troisième isomère produit par la combinaison de ces deux glycols, suivant une réaction qui paraît être commune à de nombreux composés hydroaromatiques; enfin, je montrerai, par analogie, que les deux terpanediols paraissent se comporter différemment.

Le décahydrure de naphtaline (*Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 672), générateur des glycols dont il s'agit, étant un composé hydroaromatique saturé, comparable aux menthane, camphane, pinane, je lui donnerai ici le nom de *naphtane*, les composés qui en dérivent étant désignés ensuite d'après les conventions habituelles.

I. *Naphtanediols-β*. — Les naphtanediols-β ont été préparés à partir du dibromonaphtane-β ou dibromure d'octohydronaphtaline-β (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 590); ils ont été obtenus dans des conditions identiques à celles que j'ai indiquées pour la préparation des naphtanetriènediols ou tétrahydronaphtylglycols (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 930).

II. *Cisnaphtanediol-β* : $C^{10}H^{18}O^2$. — Le cisnaphtanediol-β s'obtient quand on effectue la saponification du dibromonaphtane par la potasse aqueuse. 10^g du composé bromé, placés dans un ballon relié à un condensateur à reflux, sont additionnés de 300^{cm^3} d'une solution de potasse à 2 pour 100. Après une ébullition ayant duré plusieurs jours, lorsque le produit huileux a disparu, l'opération est arrêtée. La liqueur aqueuse, concentrée par distillation sous pression réduite, est additionnée d'un grand excès de carbonate de potassium, puis épuisée à de nombreuses reprises par l'éther. La solution éthérée est desséchée et distillée. Le résidu constitue le cisnaphtanediol-β presque pur. Il est purifié par des cristallisations dans la benzine.

Il se présente en aiguilles fines, fusibles à 160°; par évaporation spontanée d'une solution alcoolique, on l'obtient en tablettes polygonales nettement définies. Il est solubles dans l'eau, dans l'alcool, peu soluble dans l'éther, la benzine, la ligroïne. Il n'est pas entraîné à la distillation avec la vapeur d'eau.

Je le considère comme le cisglycol, non seulement à cause de sa production dans des conditions identiques à celles indiquées pour la préparation du cisnaphtanetriènediol, mais aussi parce qu'il a été obtenu dans la transformation de son iodhydrine par ébullition en solution alcaline, opération qui a donné naissance intermédiairement à l'oxyde d'éthylène correspondant.

L'*éther diacétique du cisnaphtanediol*-β est cristallisé en très gros prismes fusibles à 85°. Le *diphényluréthane* se présente en aiguilles très solubles dans l'alcool, fusibles à 195°.

III. Le *transnaphtanediol*-β s'obtient en traitant à l'ébullition, dans sa solution acétique, le dibromonaphtane par l'acétate d'argent pris en léger excès; l'éther diacétique liquide est séparé, puis saponifié par ébullition pendant une demi-heure avec la potasse en solution dans l'alcool; on sature alors par CO^2 et l'on distille le liquide alcoolique. Le résidu, cristallisé dans la benzine, fournit un produit fusible au-dessous de 120°; mais, après de nombreuses cristallisations, il est séparé en deux substances, l'une moins soluble et fusible à 141°, l'autre fusible à 125°. Ces deux corps donnent à l'analyse les chiffres qui correspondent à la formule $C^{10}H^{18}O^2$.

Le premier composé est le transnaphtanediol-β; le second est la combinaison du glycol cis avec le glycol trans.

Le *transnaphtanediol*-β se présente en aiguilles fusibles à 141°; par évaporation spontanée de sa solution alcoolique, il se dépose en longs prismes. Il est soluble dans l'eau et dans l'alcool, beaucoup moins soluble dans la benzine, l'éther, la ligroïne. Il n'est pas entraînable à la distillation avec la vapeur d'eau.

Son *diacétate* n'a pas été obtenu cristallisé; les éthers diacétiques des composés trans fondent du reste beaucoup plus bas que leurs isomères cis. Le *diphényluréthane* forme de fines aiguilles très solubles dans l'alcool, fusibles à 121°.

IV. Le *cis + transnaphtanediol*-β, fusible à 125°, dont j'ai indiqué plus haut la formation simultanée avec le précédent, se présente en fines aiguilles; il est beaucoup plus soluble dans les divers solvants, alcool, benzine, que le cisglycol et le transglycol. Après un grand nombre de cristallisations dans des dissolvants variés, le point de fusion ne s'est pas élevé.

Le même composé a été obtenu à partir des deux glycols. Si l'on mélange une solution benzénique contenant 0,5 pour 100 du cisglycol, avec volume égal d'une solution semblable du transglycol, on obtient, après concentration de la liqueur, de fines aiguilles fusibles à 125°. L'eau mère, séparée et évaporée à siccité, donne des cristaux de même point de fusion.

Le cisnaphtanediol-β semble donc se combiner au transnaphtanediol-β pour former un troisième isomère. L'étude cryoscopique montre cependant que ce cis + transnaphtanediol-β correspond, en solution aqueuse, à un corps de molécule simple; les racémiques en solution diluée possèdent du reste la même propriété. En somme, le cisnaphtanediol-β et le transnaphtanediol-β se combinent à la manière des naphtanetriènediols et des orthocyclohexanediols (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 930).

V. A propos de ces combinaisons, j'ai fait quelques tentatives de généralisation; les deux terpanediols, le cis et le trans, ne m'ont pas fourni un exemple aussi net. Le cisterpanediol fond à 103°; le transterpanediol fond à 158°. La solution benzénique d'un mélange équimoléculaire de ces deux glycols laisse déposer, après concentration, des cristaux dont le point de

fusion ne peut être déterminé. Ils commencent, en effet, à se ramollir dès 95° et la fusion n'est complète qu'à 145°. Ces cristaux, mis en solution dans l'eau à froid, peuvent être séparés, par concentration de la liqueur dans le vide, en transterpanediol et hydrate de cisterpanediol.

Il est à remarquer que la propriété de se combiner pour les glycols cis et les glycols trans n'a été observée que lors de la présence de carbones asymétriques dans la molécule de ces diols; les essais de combinaison des deux quinites que je poursuis devront donner une indication à ce sujet.

Tout récemment Bredt, dans une étude sur la constitution du camphre (*Lieb. Ann.*, t. CCCLXVI, mai 1909, p. 66), a montré l'existence de trois camphylglycols : le ciscamphylglycol, fusible à 87°; le transcamphylglycol, fusible à 116°, et un troisième fusible à 96°. « Il s'agit probablement, dit Bredt, d'un mélange eutectique bien cristallisé ou d'une troisième modification stéréo-isomérique. » Bredt ajoute une observation du même genre sur les acides bornéolcarboniques (*loc. cit.*, p. 29).

Il y a tout lieu de penser qu'on se trouve là en présence de faits analogues à ceux qui ont été indiqués pour la première fois dans ma Note du 5 avril dernier (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 930), et dont je donne aujourd'hui de nouveaux exemples.

MINÉRALOGIE. — *Résultats de l'exploration géologique et minéralogique de l'Eguéï.* Note de M. G. GARDE, présentée par M. A. Lacroix.

En mai et juin 1908, deux de mes camarades de la mission de délimitation du Niger au Tchad (mission Tilho), le lieutenant de vaisseau Audoin et le capitaine Lauzanne, et moi, nous avons exploré l'Eguéï, le Toro, le Koro et la partie centrale de la région du Gazal.

MM. Audoin et Lauzanne ont déterminé la position des principaux points de ces régions, calculé les altitudes, fait les levés topographiques et mesuré les variations du magnétisme terrestre. Leur travail paraîtra prochainement. De mon côté, j'ai fait l'étude géologique et minéralogique.

Voici le résumé de mes observations sur l'Eguéï, petite région naturelle, non habitée, qui mesure près de 150^{km} de l'ONO à l'ESE, sur une dizaine de kilomètres de large, et qui est située à environ 300^{km} au nord-est du Tchad, en plein désert.

Les seules connaissances antérieures sur l'Eguéï sont dues à Nachtigal,

qui a traversé cette région vers 1871 et qui l'a considéré comme une cuvette, située au-dessous du niveau du Tchad.

Les mesures altimétriques de MM. Audoin et Lauzanne confirment en les précisant celles de Nachtigal; les calculs provisoires placent en effet l'Éguéï à 10^m à 15^m au-dessous du Tchad.

Contrairement à l'opinion tout récemment formulée par M. Freydenberg (d'après des renseignements), l'Éguéï n'est pas une vallée et les quelques débris de roches que l'on trouve sur son sol (calcédoine, nodules gréseux et grès) ne sont pas des cailloux roulés.

A. Dans son ensemble, l'Éguéï est constituée par des alternances de dépressions, creusées dans les sables, et de monticules sableux, dépressions et monticules pouvant avoir, au maximum, une différence d'altitude d'une trentaine de mètres.

Dans l'intérieur de la plupart de ces cuvettes, rarement dans le fond, le plus souvent à mi-flanc, quelquefois presque au sommet, affleurent des lambeaux de dépôts sédimentaires assez friables, de nature argilo-calcaire ou sablo-calcaire, ordinairement coquillifères (faune malacologique actuelle du Tchad).

Les vents, qui soufflent avec violence à certaines époques de l'année, érodent et enlèvent ces formations sédimentaires sur de vastes espaces; les sables sous-jacents ont même souvent été entraînés sous de grandes épaisseurs. Ces derniers vont s'accumuler autour des obstacles qu'ils rencontrent, touffes d'arbustes, principalement siwak (*Salvadora persica*), pour former des dunes, qui peuvent avoir de 15^m à 20^m de hauteur.

Les parties ténues de ces formations sédimentaires et de ces sables soulevées par les vents donnent naissance aux brouillards de poussière, si intenses, que l'on observe assez fréquemment dans le centre de l'Afrique, principalement au début et à la fin de l'année.

C'est dans les cuvettes, ainsi creusées par voie éolienne, que se trouve localisée presque toute la maigre végétation arborescente de cette région et que se rencontre l'eau en quantité inépuisable. D'ordinaire, celle-ci existe dans les sables à une faible profondeur, et même parfois à fleur de sol.

B. J'ai recueilli dans les argiles quatre espèces minérales : le trona, la thénardite, le gypse et enfin un phosphate de fer.

1° Le *trona* (vulg. natron) cristallise dans le fond d'un certain nombre des dépressions où il existe de l'eau.

La *thénardite* accompagne souvent le trona et cristallise en fines aiguilles. C'est elle qui rend purgative l'eau de la plupart des puits.

2° Les cristaux de trona et de thénardite, grâce à leur ténuité, sont emportés par les vents, lors des tornades sèches qui sévissent assez fréquemment dans ces régions. Leur enlèvement continu aux abords des puits a pour effet de diminuer le degré de salure des eaux. Ainsi s'explique sans doute que celles de l'Eguéï sont moins salées aujourd'hui, c'est-à-dire plus facilement buvables, que du temps de Nachtigal, il y a près de 40 ans.

3° Du *gypse*, en petits cristaux (lentilles courbes), avec macles suivant $a^{\frac{1}{2}}(\bar{2}01)$, se rencontre à Hangara, le point le plus septentrional de l'Eguéï, au milieu des sédiments argilo-calcaires, qui occupent encore une partie de cette dépression.

4° C'est également dans des formations sédimentaires à Koukourdeï, ou Bir Solado, à 15^{km} environ au sud de Hangara, que j'ai trouvé un *phosphate de fer* méritant une mention spéciale.

Cette substance se présente sous la forme de nodules de la grosseur d'une noisette. Les uns, d'un brun clair, se débitent facilement en petites pyramides ayant toutes pour sommet commun le centre de la sphère. D'autres, d'un brun noir, à cassure irrégulière, sont creusés de petites cavités, dans lesquelles sont implantés quelques cristaux d'un phosphate de fer trop petits pour qu'il ait été possible de les déterminer.

Le phosphate brun est facilement soluble dans l'acide chlorhydrique à froid.

A la flamme de la bougie, il fond sur ses bords. Chauffé au chalumeau, il fond en bouillonnant et donne un globule noir brillant.

Dans le tube fermé, il noircit et dégage une abondante quantité de vapeur d'eau.

Sa densité est 2,60.

En lame mince, vu au microscope, le minéral est jaune, monoréfringent, avec çà et là de petites plages biréfringentes.

L'analyse suivante a été faite par M. Pisani :

P^2O^5.	Fe^2O^3.	Al^2O^3.	CaO.	H^2O.	Résidu.
33,30	44,20	1,50	2,28	20,47	0,75 = 99,50.

Cette analyse conduit à la formule

$$5(Fe,Al)^2(PO^4)^2,\ Ca^3(PO^4)^2,\ 4Fe(OH)^3 + 21H^2O,$$

qui ne correspond exactement à celle d'aucune espèce connue; mais le minéral peut être rapproché de la *borickite*, qui, avec une teneur en eau comparable, est plus ferrugineuse et plus calcique et moins riche en acide phosphorique.

Si l'on fait abstraction de la petite quantité d'alumine, on voit que le rapport de l'acide phosphorique et du fer, calculé comme protoxyde et augmenté de la chaux, est sensiblement celui d'un phosphate tribasique.

Il paraît donc vraisemblable que ce minéral n'est autre chose que le résultat de la suroxydation totale du fer d'une *vivianite* un peu calcique, oxydation accompagnée d'un commencement de déshydratation. Cette hypothèse peut s'appuyer sur la structure fibro-lamellaire du minéral qui rappelle celle des nodules de vivianite et aussi sur les conditions de gisement, les échantillons étudiés ayant été recueillis à la surface du sol et ayant dû y être pendant longtemps soumis à l'ardeur brûlante du soleil tropical.

AGRONOMIE. — *Sur l'extension dans la Chaouïa des* tîrs *ou terres fertiles du Maroc occidental.* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Müntz.

J'ai montré l'an dernier que, dans la zone littorale marocaine qu'il m'avait été donné de parcourir, les terres noires ou *tîrs* partageaient avec d'autres sols, comme les *mtîrsa* et les *hamri* (terres rouges), une commune origine et résultaient de la décalcification de grès calcarifères néogènes.

J'ai insisté également sur le rôle important des racines de végétaux herbacés dans ce phénomène de désagrégation et de dissolution des calcaires, et j'ai considéré ces terres fertiles comme résultant de l'accumulation, « sur place, des produits argileux et alcalins (décomposition des feldspaths), des phosphates moins solubles, ainsi que des minéraux clastiques non décomposés, où domine le quartz, en même temps que les produits humiques ou azotés provenant des plantes vivant continuellement à la surface (1) ». Enfin j'ai fait remarquer que l'existence de ces *tîrs* est nettement limitée à une zone climatique, caractérisée par une atmosphère suffisamment humide.

Ma mission récente dans la Chaouïa m'a permis de constater que ce mode de formation s'étend sans restriction à tout l'ensemble des dépôts calcaires pliocènes que j'avais constamment observés. Mais la thèse que j'ai soutenue sur l'origine de ces sols est plus générale encore que je ne l'avais pensé; car la décalcification intéresse, non seulement les sédiments pliocènes, mais encore des calcaires marneux du Crétacé assez éloignés de la côte et que je n'avais pu atteindre précédemment.

La vaste région pacifiée par le général d'Amade comprend trois sortes de reliefs : des *reliefs pliocènes* qui recouvrent une zone littorale continue, d'une largeur moyenne d'une cinquantaine de kilomètres ; des *reliefs secondaires* formés de couches marno-calcaires à peu près horizontales du Crétacé (Turonien, Sénonien), qui constituent la couverture du plateau des Mzamza et des Mzab ; enfin des *reliefs primaires* de la pénéplaine datant du début des

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 3 février 1908, p. 243-246.

temps secondaires, encore conservée, ou bien débarrassée du manteau secondaire ou tertiaire qui la recouvrait.

J'ai recueilli méthodiquement en des points parfois très distancés, et dans des conditions de gisement nettement définies, bon nombre d'échantillons de ces terres fertiles, et ces prises d'essai ont été soumises à l'analyse ([1]).

Toutes ces terres sont riches en azote, elles sont très humifères; l'acide phosphorique est aussi, d'une manière générale, fort abondant, de même que la potasse. La chaux existe partout en proportion variable, mais toujours très largement suffisante.

En ce qui concerne ceux de ces sols en relation avec le Pliocène, j'avais signalé, dans les environs de Casablanca, des dépressions fermées; celles-ci se montrent plus fréquemment là où les calcaires gréseux de cet âge forment, comme dans les environs du Camp Boulhaut, une plaine régulière. Alors se sont creusées, par dissolution du calcaire, des excavations en grande partie comblées par les produits de la décalcification, toujours argileux, et il s'est ainsi formé des *daya* ou cuvettes marécageuses. Mais les dépôts de ces fonds de marais, très localisés, ne peuvent être confondus, comme le voudrait M. Brives, avec les *tîrs* qui s'étendent à toute la surface du Pliocène. D'ailleurs, ils en diffèrent par la présence de débris de végétaux aquatiques encore conservés et par des teneurs inusitées d'azote, jusqu'à 6,13 pour 1000; tandis que dans les *tîrs* elle est supérieure à 1,25, mais dépasse rarement 3 pour 1000.

Les *tîrs* du plateau crétacé des Mzamza et des Mzab ne diffèrent pas, au point de vue de la richesse, de ceux de la zone néogène; mais leur composition physique est également liée, de façon étroite, à celle de la roche sous-jacente. C'est ainsi qu'ils sont en général beaucoup plus argileux, parce que les calcaires turoniens ou sénoniens sont plus compacts et renferment une proportion bien moindre des minéraux clastiques (quartz, feldspaths) qui se trouvent dans les calcaires gréseux pliocènes.

De plus, ces terrains secondaires ne se prêtent pas, comme les précédents, à la formation de *daya;* aussi l'hypothèse de dépôts de fonds de marais ne peut plus être invoquée pour expliquer la genèse des *tîrs*.

([1]) Je dois ces analyses à l'extrême obligeance de M. Müntz. Elles seront discutées avec détails dans un Mémoire d'ensemble et je me fais un devoir d'exprimer dès à présent, à cet éminent maître, ma plus respectueuse reconnaissance pour l'intérêt qu'il veut bien porter à mes recherches.

Enfin, il est frappant de constater que partout où affleurent des schistes, des argiles ou des grès paléozoïques, les *tîrs* font défaut. La Carte géologique de la Chaouîa permettra donc de délimiter, dans cette partie du Maroc occidental, les *régions de tîrs*.

Je continue de croire que la zone d'extension de ces terres s'arrête à la limite du climat atlantique. C'est en effet grâce à ce climat humide que peut se développer une végétation herbacée des plus vigoureuses qui accumule *sur place*, avec les produits de la décalcification du sol, les matières azotées, les substances humiques qui contribuent si largement à leur richesse. Aussi pouvait-on s'attendre à constater leur disparition en s'éloignant suffisamment de la côte.

Je suis sorti de la Chaouîa pour atteindre, à 75^{km} de là, le cœur du Tâdla; et, malgré la continuité vers ces régions des mêmes horizons calcaires du Crétacé, j'ai constaté que les terres noires diminuent insensiblement pour laisser place d'abord à des terrains de pâturage qui deviennent de plus en plus maigres et disparaissent complètement, à 140^{km} de la côte, pour ne laisser subsister qu'un sol de pierres.

On ne peut qu'être frappé, à la suite de ces observations, de l'analogie des *tîrs* avec les terres noires de la Russie méridionale.

Malheureusement, de même qu'au *pays du tchernozom*, les terres fertiles du Maroc subissent un entraînement facile sous l'influence du ruissellement. C'est ainsi que dans la plaine des tîrs, qui n'a rien des caractères d'une plaine d'alluvions, les moindres mamelons laissent pointer le calcaire pliocène, alors que les bas-fonds peuvent offrir de grandes épaisseurs de terre végétale.

Des précautions seront à prendre, du jour où ces immenses étendues de de terre seront soumises aux procédés de la culture moderne, afin de lutter contre les ravages des eaux superficielles. Il faudra songer aussi à leur irrigation et ne pas perdre de vue que l'Oum er Rbëa, qui traverse la zone des *tîrs*, est un véritable fleuve; de plus, ce cours d'eau est encore loin d'avoir atteint son profil d'équilibre, il a un régime torrentiel où l'on pourrait sans doute puiser la force motrice nécessaire pour élever ses eaux sur les plateaux des Mzamza, irriguer les immenses plaines des Chaouîa et des Doukkala, et accroître ainsi la richesse de ces pays déjà si privilégiés.

Il est à souhaiter, à ce point de vue, que les levés topographiques du Corps de débarquement soient activement poussés du côté de la vallée de l'Oum er Rbëa; ils pourraient être un jour le point de départ de l'une des plus heureuses conquêtes de la Civilisation française en Afrique.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la possibilité de conserver les animaux, après l'ablation complète de l'appareil thyroïdien, en ajoutant des sels de calcium ou de magnésium à leur nourriture.* Note [1] de M. **Albert Frouin**, présentée par M. A. Dastre.

J'ai été amené, par des raisons théoriques et par une série de faits expérimentaux, à étudier l'action des sels de calcium, de magnésium et de strontium chez les animaux thyro-parathyroïdectomisés.

Les résultats de ces recherches se résument ainsi [2] : le chlorure de calcium et le chlorure de magnésium à la dose de 5^g à 10^g par 24 heures ont empêché l'apparition des phénomènes de tétanie consécutifs à la thyroparathyroïdectomie et la cachexie strumiprive qui suit habituellement l'opération.

J'ai expérimenté sur six séries de trois animaux. Dans chaque série, j'ai pris comme témoins les animaux les plus robustes, les plus forts; j'ai traité les plus chétifs. Les animaux étaient soumis à un régime mixte de viande cuite et de soupe au pain.

Première série. — Effet curatif. Animal traité après l'apparition des accidents. Trois animaux de 15 mois du poids de 10^{kg} à 11^{kg} sont opérés le 3 octobre 1908. Les témoins sont morts 4 et 6 jours après l'opération. L'animal traité survit et grossit.

Une chienne de 8^{kg} a des crises au troisième jour après l'opération. On lui fait absorber 10^g de $CaCl^2$. Les crises ont disparu le lendemain. Reçoit, à partir de ce moment, 5^g à 10^g de $CaCl^2$ dans sa nourriture. Le 7 octobre prend accidentellement un repas de viande crue, le 8 a une crise qui dure de 8^h du matin à 5^h du soir. On fait ingérer avec la sonde œsophagienne 10^g de $CaCl^2$ le matin à 9^h et 10^g le soir à 6^h. Le 9 octobre, encore une forte crise tétanique dans l'après-midi. On fait ingérer 15^g de $CaCl^2$ en deux fois : l'après-midi, à 2^h, et le soir, à 7^h. Depuis cette époque, l'animal reçoit comme précédemment 5^g à 10^g de chlorure de calcium par 24 heures.

Le 3 novembre, soit 2 mois après l'opération, son poids est de $11^{kg},500$; il a augmenté de $1^{kg},500$. Le 12 novembre on supprime le $CaCl^2$, l'animal meurt en 3 jours, après avoir eu des crises caractéristiques le troisième jour.

---

(1) Présentée dans la séance du 7 juin 1909.

(2) Au moment de publier ce travail, j'ai connaissance d'un Mémoire de Mac Callum et C. Vœgtlin (*Journal of experimental Medicin*, t. XI, janvier 1909, p. 18) qui ont établi d'une façon plus nette que Parhon que l'injection ou l'ingestion des sels de calcium suppriment la tétanie chez les animaux parathyroïdectomisés. Je reconnais la priorité de mes savants collègues sur ce point important.

Deuxième série. — Effets préventifs du chlorure de calcium. Animaux traités avant l'apparition des accidents. Trois animaux de 2 ans et demi pesant 12^{kg}, 14^{kg} et 15^{kg}. Opérés le 16 septembre 1908. Deux des animaux, pris comme témoins, sont morts 5 et 7 jours après l'opération.

Le chien de 12^{kg} reçoit, 36 heures après l'opération, au moyen de la sonde œsophagienne, 100^{cm^3} d'une solution renfermant 10^g de $CaCl^2$, puis, dans la suite, on ajoute simplement à sa nourriture 5^g à 10^g de $CaCl^2$ par 24 heures.

L'animal n'a présenté aucun accident. Le 7 février 1909, soit 5 mois après l'opération, il pèse $14^{kg},500$. A augmenté de $2^{kg},500$.

Troisième série. — Effets préventifs du chlorure de magnésium. Résultats analogues.

Quatrième série. — Traitement par le chlorure de strontium. Pas d'effet préventif ni curatif. Les animaux meurent.

Cinquième et sixième séries. — Animaux traités au lactate de calcium. Mêmes effets qu'avec les chlorures de calcium et de magnésium.

D'après ces expériences, les animaux privés de l'appareil thyroïdien, auxquels on fait ingérer des sels de calcium ou de magnésium, ont tous supporté l'opération pendant un temps relativement long, 2 mois au minimum, sans présenter les symptômes consécutifs à la thyroïdectomie, sans subir la cachexie strumiprive. Tous ces animaux ont augmenté de poids. Les sels de calcium et de magnésium permettent de conserver la vie des animaux complètement éthyroïdés et suppléent en quelque sorte aux fonctions physiologiques de l'appareil thyroïdien.

Il reste à se demander d'une part si, à la suite du régime calcique ou magnésien institué pendant un temps plus long, il ne se produira pas dans l'organisme même une suppléance des fonctions thyroïdiennes; dans ce cas, on pourrait ensuite supprimer les sels de chaux ou de magnésie sans déterminer la mort des animaux.

A cet effet, les animaux qui avaient reçu les sels de chaux ou de magnésie dans leur nourriture, pendant 3 mois au minimum, reprennent, à partir du troisième mois, le régime habituel sans addition de calcium ni de magnésium : ils n'ont présenté aucun accident de tétanie pendant les 3 mois suivants.

On peut donc conclure de ces faits que l'absorption de calcium ou de magnésium supprime les symptômes consécutifs à la parathyroïdectomie, c'est-à-dire les crises tétaniques ainsi que les symptômes consécutifs à la thyroïdectomie : la cachexie. Les animaux guérissent pour un temps relativement long, 4 mois au minimum.

Ces faits paraissent importants en eux-mêmes et à cause des applications pratiques qu'ils peuvent suggérer. Il serait d'un grand intérêt de fixer le mécanisme de l'action des sels de calcium et de magnésium.

Nous pensons que les sels de calcium et de magnésium suppriment les crises tétaniques des animaux thyro-paraéthyroïdés parce qu'ils neutralisent l'acide carbamique et facilitent son élimination.

Les faits sur lesquels est basée cette conclusion sont les suivants :

1° Chez les animaux éthyroïdés, l'élimination de l'ammoniaque et celle de l'acide carbamique sont augmentées dans l'urine; ce dernier corps est donc produit en plus grande quantité ou détruit en moindre proportion par le foie;

2° Les phénomènes de tétanie chez les animaux paraéthyroïdés semblent dus à l'acide carbamique. Un des arguments en faveur de cette opinion est qu'il suffit de faire ingérer 3g à 4g de carbamate de soude à un animal éthyroïdé depuis 24 ou 48 heures pour provoquer, au bout de 1 à 2 heures, des accidents typiques de tétanie;

3° D'autre part, l'ingestion simultanée de carbamate de sodium et d'un sel soluble de calcium ne produit aucun accident de tétanie chez les mêmes animaux;

4° L'augmentation de la chaux dans la nourriture des animaux normaux augmente l'élimination de l'acide carbamique dans l'urine ([1]). J'ai constaté, d'autre part, qu'elle diminue l'action toxique de cette substance. Inversement, j'ai vu que l'ingestion de carbamate de sodium augmente l'élimination du calcium urinaire. J'ajoute que j'ai pu supprimer les crises tétaniques chez les animaux à fistules pancréatiques permanentes et chez les animaux à fistules d'Eck nourris au régime de la viande, en leur faisant ingérer des sels de calcium.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur une méthode permettant de mesurer la déshydratation de l'organisme par les poumons et la peau. Variations de cette déshydratation avec l'altitude.* Note de MM. **H. Guillemard** et **R. Moog**, présentée par M. Armand Gautier.

Cette méthode repose sur l'étude des variations du poids du corps. Si l'on fait abstraction du gain dû à l'alimentation et de la perte due à l'élimination

---

([1]) J.-J. Abel, *The University Record of Michigan*, juin 1892, p. 46.

urinaire, le poids du corps diminue d'une façon continue sous l'influence des échanges pulmonaires et cutanés.

Cette perte de poids, dans un temps donné, représente la différence entre les gains de l'organisme et ses pertes dans le même temps. Or le gain est constitué par l'oxygène fixé à chaque inspiration; la perte est due à l'eau et au gaz carbonique dégagés au niveau des poumons et de la peau. La quantité de CO^2 éliminé par la peau, inférieure à la centième partie de celle qu'élimine le poumon, est négligeable dans les conditions de l'expérience. Il suit de là que la perte de poids p, dans un temps donné, est constituée par les éléments suivants :

$$p = H^2O \text{ dégagée} + CO^2 \text{ dégagé} - O^2 \text{ absorbé}.$$

On déduit de là que la quantité d'eau perdue, dans un temps donné, par les voies pulmonaire et cutanée, est donnée par la formule

$$H^2O = p - CO^2 + O^2;$$

p est la perte de poids du corps dans le temps considéré; nous la déterminons à l'aide d'une balance sensible au gramme pour 100^{kg}. CO^2, l'acide carbonique dégagé par le poumon, et l'oxygène O^2 absorbé par la même voie sont déterminés par l'analyse des gaz de la respiration. Cette analyse se pratique d'ordinaire en recueillant et mesurant l'air exhalé, puis en en déterminant la composition par l'analyse d'une prise d'essai.

Cette méthode nécessite l'emploi d'appareils volumineux, difficilement utilisables en montagne. Nous avons pensé qu'on pourrait la simplifier tout en lui conservant sa précision.

Dans ce but nous avons eu recours à l'*échantillonnage continu* des gaz expirés pratiqué sur le courant gazeux qu'une soupape de Chauveau dirige dans un spiromètre. Nous nous sommes servis, à cet effet, d'une burette à gaz de 50^{cm^3} entourée d'un manchon d'eau et munie d'un réservoir à mercure mobile qui était placée en dérivation sur le courant gazeux. Pendant que le sujet respire par l'intermédiaire de la soupape, la burette étant pleine de mercure, on ouvre son robinet supérieur de façon à laisser pénétrer graduellement le gaz qui remplit la burette pendant la durée de l'expérience.

Il était évident *a priori*, et l'expérience l'a montré, que le gaz ainsi recueilli présente la composition moyenne de l'air expiré. L'acide carbonique est alors absorbé par la potasse et l'oxygène par le pyrogallol en se plaçant dans les conditions qui, d'après les expériences de Berthelot (1), rendent intégrale l'absorption d'oxygène et pratiquement nul le dégagement d'oxyde de carbone. Des analyses d'air pratiquées à l'aide de cet appareil suffisent à montrer que l'oxygène peut y être dosé avec une erreur inférieure à 0,2 pour 100.

(1) Nous adressons nos remercîments à M. le professeur Arm. Gautier, qui a bien voulu s'intéresser à notre travail et nous en faciliter l'exécution; à M. le professeur Mosso pour le bienveillant accueil qu'il nous a réservé et à M. Vallot pour l'hospitalité qu'il a bien voulu nous accorder à son Observatoire.

Nous avons fait à Paris un grand nombre d'expériences; celles que nous avons effectuées en montagne sont en nombre plus restreint et demandent à être complétées; elles ont été faites à l'Observatoire du Col d'Olen (mont Rose, 3000^m) et à l'Observatoire Vallot (mont Blanc, 4350^m), en juillet et août 1908.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant :

Sujets d'expérience.	Lieu d'expérience.	Débit respiratoire : apparent (1).	Débit respiratoire : réel (2).	Altérations de l'air inspiré : CO^2.	Altérations de l'air inspiré : O^2.	Quotient respiratoire.	Intensité absolue des échanges respiratoires (3) : CO^2.	Intensité absolue des échanges respiratoires (3) : O^2.	Perte de poids à l'heure.	Perte d'eau à l'heure.	Rapport de déshydratation (4).
		l	l	Pour 100.			l	l	g	g	
H. G. (78^{kg})	Paris ($t = 16°$ et 762^{mm}).	492	431	4,01	4,34	0,92	17,28	18,70	58	51	0,88
		505	444	4,31	4,72	0,91	19,13	20,95	54	46	0,85
		425	376	4,41	4,86	0,90	16,58	18,27	50	43	0,87
		431	383	4,38	4,88	0,90	16,77	18,69	53	47	0,80
		422	374	3,82	4,28	0,89	14,28	16,00	48	43	0,88
		438	389	3,72	4,04	0,92	14,47	15,71	52	46	0,88
		472	416	3,65	4,25	0,86	15,18	17,68	54	49	0,91
		438	386	3,60	4,02	0,89	13,89	15,52	52	47	0,89
		421	371	4,25	4,94	0,86	15,76	18,33	48	43	0,89
	Moy.	447	397	4,01	4,48	0,89	15,93	17,76	52 (soit : 0^g,67 par kg)	46 (soit : 0^g,59 par kg)	0,87
	Col d'Olen (3000^m, $t = 10°$ et 537^{mm}).	297	372	4,46	4,90	0,91	16,59	18,22	32	25	0,78
		302	379	4,32	4,68	0,92	16,37	16,73	35	28	0,79
		290	365	4,51	5,06	0,89	16,46	18,47	33	26	0,80
		310	387	4,10	4,66	0,88	15,86	18,03	39	33	0,84
		334	416	3,60	4,00	0,90	14,97	16,64	45	39	0,86
	Moy.	306	384	4,20	4,66	0,90	16,05	17,82	37 (soit : 0^g,48 par kg)	30 (soit : 0^g,39 par kg)	0,81

(1) A 36° et sous la pression du lieu.
(2) A 0° et sous la pression de 760^{mm}.
(3) CO^2 et O^2 exhalés par heure.
(4) Rapport de la perte d'eau à la perte de poids totale.

Sujets d'expérience.	Lieu d'expérience.	Débit respiratoire : apparent.	Débit respiratoire : réel.	Altérations de l'air inspiré : CO^2.	Altérations de l'air inspiré : O^2.	Quotient respiratoire.	Intensité absolue des échanges respiratoires : CO^2.	Intensité absolue des échanges respiratoires : O^2.	Perte de poids à l'heure.	Perte d'eau à l'heure.	Rapport de déshydratation.
		l	l	Pour 100.			l	l	g	g	
	Ob. Vallot (4350m; $t=2°$ et 453mm).	245	363	5,10	5,48	0,93	18,51	19,89	45	37	0,81
		273	405	4,51	5,24	0,86	18,26	21,22	43	37	0,86
		243	362	4,61	5,12	0,89	16,69	18,53	42	36	0,86
	Moy.	254	377	4,74	5,28	0,89	17,82	19,88	43 (soit : 0g,55 par kg)	37 (soit : 0g,47 par kg)	0,84
R. M. (59kg)	Paris ($t=16°$ et 761mm).	366	324	3,10	3,37	0,92	10,04	10,92	54	50	0,92
		426	378	3,21	3,46	0,93	12,13	13,08	51	46	0,89
		486	430	3,39	3,73	1,05	14,58	16,04	44	38	0,86
		420	370	3,32	3,71	0,89	12,28	13,73	43	38	0,89
		440	387	2,48	3,03	0,82	9,60	11,72	49	47	0,95
		410	361	2,93	3,45	0,85	10,58	12,45	47	44	0,93
	Moy.	425	375	3,07	3,46	0,91	11,53	12,99	48 (soit : 0g,81 par kg)	44 (soit : 0g,74 par kg)	0,90
	Col d'Olen ($t=9°$ et 536mm).	293	369	4,02	4,73	0,85	14,83	17,45	43	38	0,88
		309	388	3,15	3,42	0,92	12,22	13,29	48	43	0,89
		275	345	3,90	4,43	0,88	13,45	15,28	50	44	0,88
		301	376	4,13	4,44	0,93	15,53	16,69	40	33	0,82
	Moy.	295	369	3,80	4,25	0,89	14,00	15,67	45 (soit : 0g,73 par kg)	39 (soit : 0g,65 par kg)	0,87

Conclusions. — La perte de poids du corps dans l'unité de temps s'est montrée, dans nos expériences, plus faible en montagne qu'en plaine; il en est de même de la perte d'eau. Le rapport entre la quantité d'eau éliminée et la perte de poids totale, qui est voisin de 0,88 en plaine, semble diminuer légèrement en montagne. Les valeurs trouvées pour les coefficients respiratoires se rapprochent de celles observées par M. Kuss [1] dans les mêmes conditions.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLI, p. 273.

MÉDECINE. — *L'arythmie cardiaque et la d'Arsonvalisation.* Note de MM. E. **Doumer** et G. **Lemoine**, présentée par M. d'Arsonval.

Si, comme l'admettent les physiologistes, les *faux pas* du cœur sont liés à l'hypertension artérielle, ils doivent trouver dans la d'Arsonvalisation une thérapeutique efficace; et leur disparition sous l'influence de cette thérapeutique doit apporter une nouvelle preuve clinique des propriétés hypotensives de l'autoconduction.

C'est dans le double but de chercher une médication à ces troubles cardiaques et d'apporter une nouvelle confirmation de la grande valeur de la médication hypotensive de M. Moutier que nous avons entrepris ces recherches. Nous avons systématiquement, depuis 1 an, soumis à la d'Arsonvalisation tous les hypertendus présentant de l'arythmie cardiaque; nous ne retiendrons pour cette Note que ceux chez qui les intermittences nous paraissaient être étroitement liées à l'hypertension et où elles affectaient nettement le type *extra-systolique;* dans les observations qui suivent, nous ne mentionnerons que les phénomènes morbides en relation avec elles.

Observation I. — M. U., 61 ans. Depuis longtemps, douleurs de tête continues, battements artériels, un peu de dyspnée, polyurie nocturne, foie gros. *Faux pas du cœur, 1 sur 15 battements environ.* Pas de souffle. Tension, 23.

Traitement : séances de cage avec champ de 0,265 U. M. P., 6 minutes tous les jours. La tension passe successivement de 23 à 17, à 16 et à 16. Les *intermittences cessent dès la première séance.*

Observation II. — M. T., 70 ans. Soigné depuis plusieurs années par l'un de nous pour des troubles cardiaques caractérisés surtout par de l'essoufflement au moindre effort, des palpitations, de la tachycardie, des *intermittences très fréquentes* (1 *sur* 3 *à* 4 *battements*) et, par moments, de l'arythmie. Les diverses médications employées (digitale, caféine et, en général, toniques du cœur) ont été si mal supportées que depuis 2 ans on les avait complètement abandonnées.

En janvier 1909, en raison de sa tension élevée (22), on le soumet à la d'Arsonvalisation 6 minutes tous les 2 jours, avec champs de 0,280 à 0,310 U. M. P. La tension passe successivement de

22 à 19,5 à 19 à 17,5 et à 17.

Le nombre des faux pas tombe respectivement de

$$\frac{1}{3} \text{ à } \frac{1}{12} \text{ à } \frac{1}{14} \text{ à } \frac{1}{50}.$$

Après la quatrième séance, ils disparaissent à peu près complètement; car 15 jours après le début du traitement le malade, qui a eu la patience de les compter, n'en trouve plus que 1 sur 1800 pulsations.

L'arythmie a complètement disparu.

Observation III. — M. D., 35 ans. *Arythmie considérable; faux pas*, 1 *sur* 8, *en moyenne;* tension artérielle, 20. On lui fait subir, en décembre dernier, trois séances de cage; la tension passe successivement de 20 à 16 et à 15; *dès la première séance, l'arythmie cesse et les faux pas disparaissent complètement.*

Observation IV. — M. F., 60 ans. A eu, en décembre dernier, deux crises terribles d'angine de poitrine. A l'auscultation, on ne relève aucune trace de lésions valvulaires; les battements sont sourds, un peu précipités, avec une *extra-systole* sur trois battements. La tension artérielle est de 19.

On fait une séance de cage avec champ de 0,315 U.M.P. *Le lendemain, la tension n'était plus que de* 14 *et les faux pas étaient tombés à* 1 *sur* 30.

Le traitement cardiaque fut poursuivi par une autre méthode et les faux pas disparurent petit à petit d'une façon complète.

Observation V. — M. R., 32 ans, très actif et très occupé, souffre depuis 3 ans d'intermittences assez rares, $\frac{1}{50}$ environ, mais qui l'inquiètent beaucoup. Tous les traitements essayés avaient été impuissants à les faire disparaître. L'état général du malade est d'ailleurs excellent. Sa tension artérielle est de 18.

On le soumet à *une* séance de d'Arsonvalisation avec champ de 0,290 U. M. P. *La tension tombe à* 15,5 *et les faux pas disparaissent complètement dès le jour même de la séance.*

Ils réapparaissent 15 jours plus tard à la suite d'un gros écart de régime et la tension remonte à 17. Une nouvelle séance ramène la tension à 15 et les faux pas cessent. Depuis 3 mois, le malade n'en a plus constaté un seul.

Observation VI. — M. D., 65 ans. Signes d'aortite, *arythmie; faux pas*, $\frac{1}{7}$. Crises très pénibles et très fréquentes de fausse angine de poitrine. Très opiniâtre constipation; tension, 24; pouls, 100, irrégulier.

Trois séances par semaine de d'Arsonvalisation avec champs de 0,250 à 0,320 U. M. P.

Abaissement de la tension relativement très lent, car on n'arrive à la normale qu'à la vingtième séance. *Le nombre des faux pas diminue parallèlement avec la pression; ils disparaissent complètement au bout d'un mois de traitement.* Depuis 5 mois le malade n'en a plus eu. *L'arythmie a cessé dès la douzième séance.*

De l'ensemble de ces observations il ressort un parallélisme très frappant entre l'hypertension artérielle et l'arythmie extra-systolique, tel qu'on peut conclure que ces troubles cardiaques sont étroitement liés aux troubles de la circulation périphérique. Dans leur traitement, on devra donc bien plus s'inspirer de l'état de la circulation artérielle que de l'état du cœur lui-même. On peut même se demander si la thérapeutique, basée sur l'emploi des toniques ou des régulateurs du cœur, tels que la digitale et la caféine, et en général des médicaments cardiaques, n'est pas illusoire, sinon dangereuse. Le cœur est arythmique, non pas parce qu'il est affaibli, mais parce que, par suite de l'augmentation de la résistance du système périphérique, il a à fournir un travail supplémentaire qui est au-dessus de ses forces.

La thérapeutique rationnelle, dans de tels cas, est donc de faire cesser la cause qui nécessite ce travail supplémentaire, c'est-à-dire de régulariser la circulation périphérique en faisant cesser le spasme artériel qui cause l'hypertension. C'est donc une médication hypotensive qu'il faudra faire.

MÉDECINE. — *Du traitement de la claudication intermittente et de la gangrène des extrémités inférieures par la d'Arsonvalisation.* Note de M. **A. Moutier**, présentée par M. A. d'Arsonval.

On sait actuellement que les lésions scléreuses des artères des membres inférieurs peuvent déterminer deux sortes de phénomènes morbides :

1° Si l'ischémie est incomplète, un trouble purement fonctionnel : la claudication intermittente, syndrome connu depuis longtemps chez le cheval, qui a été décrit pour la première fois chez l'homme par Charcot;

2° Si l'ischémie est complète, une affection très grave : la gangrène; cette affection est d'autant plus grave que l'état des artères nécessite une amputation de la plus grande partie du membre, si l'on ne veut pas s'exposer à des amputations successives.

Si la claudication intermittente n'est pas toujours suivie de gangrène, le plus souvent la gangrène est précédée de claudication intermittente.

Or, il nous a été donné de voir un certain nombre de malades, les uns au stade de la claudication, les autres l'ayant dépassé; nous allons rapporter très brièvement les observations de quatre d'entre eux.

Observation 1. — M. X, 65 ans, vient nous consulter, se plaignant d'être obligé, lorsqu'il marche, de s'arrêter pendant un temps très court, quelques secondes, tous les 300^m environ, par suite d'une douleur très vive qu'il ressent dans les mollets, douleur tellement vive qu'il lui semble qu'il tomberait s'il continuait à marcher; tandis que ce court repos lui permet de fournir une nouvelle marche de même longueur.

Ce malade ne présente aucun autre trouble et l'on ne constate chez lui aucun signe objectif morbide; la pression artérielle est normale à la radiale, les artères des membres inférieurs semblent normales, les pédieuses ne sont pour ainsi dire pas perceptibles.

Nous le soumettons alors à des applications de d'Arsonvalisation localisée au niveau des mollets, d'une durée de 5 minutes; après la première séance, il peut déjà fournir une marche plus longue, peu à peu l'amélioration s'accentue et après six séances il n'est plus obligé de s'arrêter et peut fournir une course de plusieurs kilomètres sans arrêt. Depuis 6 mois, la guérison persiste.

Observation 2. — M. Y, 54 ans; cette observation est identique à la précédente, si ce n'est que la douleur ne siège que dans le mollet gauche et qu'elle semble être

moins vive; le malade se plaint d'une lourdeur, comme si sa jambe était morte. Après six séances, la guérison est obtenue.

Observation 3. — Mme W a été amputé de la cuisse droite, en 1906, à la suite d'une gangrène du pied par artérite. A diverses reprises, cette malade nous demanda de l'électriser, pensant que cela faciliterait sa marche toujours difficile et que cela pourrait préserver l'autre jambe, au sujet de laquelle elle était toujours inquiète; mais, ayant constaté une pression artérielle normale à la radiale et n'ayant trouvé aucun trouble circulatoire au niveau du membre inférieur, nous avons pensé, n'ayant pas encore l'expérience que nous avons acquise depuis, qu'il n'était pas opportun de faire un tel traitement. A la fin de 1908, sur de nouvelles instances pressantes de la malade qui nous disait ressentir dans la jambe les mêmes douleurs qu'autrefois dans son autre jambe, nous la soumettons à six séances de lit-condensateur, en faisant passer de 500^{mm} à 800^{mm}. La malade en retira une amélioration considérable : elle ne ressentit plus de douleur et put faire de longues marches, un kilomètre et plus, sans arrêt, malgré l'usage de ses béquilles, ce qu'elle n'avait pas encore pu faire depuis son opération. L'amélioration dura jusqu'à ces derniers temps, mais à la suite de fatigues, de voyages, de peines morales, la marche redevient moins facile et la malade éprouve des douleurs dans le pied et des crampes dans le mollet, comme autrefois à droite; nous avons alors recommencé le même traitement que la première fois mais, n'ayant pas constaté de changement après quelques séances de lit-condensateur, nous avons eu recours à la d'Arsonvalisation localisée et, après trois séances, l'état est redevenu excellent.

Observation 4. — M. Z est atteint d'artériosclérose généralisée, avec hypertension artérielle également généralisée. Il présente des troubles multiples et des lésions diverses, parmi lesquelles nous ne ferons que signaler un début de gangrène des deux pieds. Après un traitement approprié et consistant en séances de d'Arsonvalisation généralisée, la guérison de ce début de gangrène fut obtenue, d'après ce que nos confrères qui ont conduit le traitement ont bien voulu nous communiquer, n'ayant vu ce malade qu'en consultation.

Réflexions. — Si une seule de ces observations ne peut prouver grand-chose, leur ensemble nous permet d'espérer que la d'Arsonvalisation pourra nous donner d'heureux résultats, là où rien n'en donnait; l'avenir nous apprendra la grandeur de ceux-ci.

Ces résultats ne doivent pas trop nous étonner, étant donnés ceux qu'on a obtenus dans la gangrène diabétique à l'aide de l'air chaud et ceux qui ont été antérieurement rapportés dans des troubles vaso-moteurs analogues à l'aide des courants de haute fréquence par le lit-condensateur.

De cet exposé il y a lieu de remarquer que si jusqu'ici la pression artérielle avait pu nous servir de guide pour l'emploi de la d'Arsonvalisation, il n'en est plus de même dans ces cas, la pression pouvant être normale à la radiale et ne pouvant souvent pas être mesurée au niveau des artères des membres inférieurs.

Enfin ces résultats, obtenus dans des cas où les lésions artérielles ne peuvent pas être mises en doute un seul instant et dont tout le monde connaît la gravité, nous permettent de comprendre les résultats obtenus dans des cas, où l'étendue des lésions ne peut être déterminée, bien qu'on ait reconnu l'existence de ces lésions artérielles, comme dans les cas de sclérose généralisée ou de sclérose des gros vaisseaux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur quelques propriétés biologiques du* Bacillus endothrix. Note de M. **Fernand Guéguen**, présentée par M. Guignard.

Depuis ma précédente Communication sur le *Bacillus endothrix* (*Comptes rendus*, 27 janvier 1908), j'ai retrouvé et isolé cet organisme chez deux autres malades atteints, comme la première, d'une forme d'*alopecia areata* du cuir chevelu accompagnée de vives démangeaisons. La bactérie peut même se rencontrer dans des régions saines en apparence, chez les personnes dont les cheveux clairsemés tombent de temps à autre par clairières diffuses, sous des influences jusqu'à présent mal déterminées. Il paraît y avoir un rapport assez net entre la présence du bacille, le prurit et la tendance aux récidives. Aussi peut-on donner à cette variété de décalvation le nom de *pelade bactérienne prurigineuse*.

J'ai complété l'étude du *B. endothrix* par celle du pigment, la recherche de la toxine, l'étude de la résistance aux antiseptiques, et celle des formes d'adaptation du bacille. Le pigment est très faiblement soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, l'éther, la benzine, le chloroforme, le sulfure de carbone et l'éther de pétrole. Lentement soluble dans l'acétone, l'essence de térébenthine et les huiles grasses. il l'est plus rapidement dans l'éther acétique. Cette solution, d'un jaune paille très clair, abandonne un résidu fauve, cireux, exhalant au plus haut degré l'odeur des cultures. Les acides sulfurique et azotique décolorent le soluté, ainsi que les acides acétique et lactique dont l'action est plus lente. A l'ébullition, les acides sulfurique et chlorhydrique colorent la solution en brun madère. La matière jaune du *B. endothrix* n'est donc pas une variété de lipochrome, contrairement à d'autres pigments bactériens.

Les essais d'inoculation au lapin et au cobaye, effectués tant par friction de la peau rasée que par injection intraveineuse ou intrapéritonéale d'une émulsion de bacilles ou d'une macération concentrée de bacilles broyés, n'ont donné aucun résultat appréciable, si ce n'est, chez le lapin, un léger amaigrissement temporaire.

La résistance à divers antiseptiques, choisis de préférence parmi ceux susceptibles d'être employés dans la thérapeutique de cette affection, a été mesurée par la méthode que j'ai récemment décrite (*Soc. de Biol.*, 29 février 1908). Dans ces conditions, l'acide salicylique arrête toute culture à la dose de 1 : 3700; le naphtol β à 1 : 2725;

le sulfate de cuivre à 1 : 2666; le collargol à 1 : 1570. Employés en proportions moindres, ces corps modifient simultanément les propriétés biologiques (production de gélatinase) et les caractères morphologiques. On obtient ainsi des formes bactériennes dites d'*involution*, qui ne sont en réalité que des formes d'adaptation. Pour étudier et comparer le rôle que pouvaient jouer, dans la morphologie de la bactérie, différents modificateurs physiques ou chimiques de sa croissance, j'ai étudié parallèlement les variations imprimées : *a*, par divers milieux nutritifs à la même température; *b*, par un même milieu à diverses températures; *c*, par des doses croissantes d'antiseptique.

Sur les milieux les plus favorables, la bactérie prend un aspect analogue à celui qu'elle revêt dans son habitat normal. *Toutes les conditions défavorables* (milieu nutritif mal approprié, température trop éloignée de l'optimum, ou addition d'un antiseptique en proportions voisines de la dose limite) *semblent agir dans le même sens.*

Dès les premières générations, les efforts d'adaptation se manifestent par des changements d'aspect toujours les mêmes : boursouflement irrégulier de la bactérie, rejet de son contenu à l'un des pôles et tendance à prendre la forme arrondie. Les spécimens renflés deviennent plus rares à mesure que l'adaptation progresse; on obtient finalement des cocci homogènes et de taille réduite. En aucun cas il ne se produit de formes filamenteuses analogues à celles que donnent plusieurs autres bactéries en présence de divers composés chimiques.

La sensibilité relativement grande du *B. endothrix* à l'égard des antiseptiques permettrait de s'expliquer l'efficacité des traitements médicamenteux (teinture d'iode, essence de wintergreen) constatée autrefois vis-à-vis de certaines pelades. Les résultats obtenus *in vitro* et des essais personnels me portent à croire qu'on aurait à se louer, dans la pelade prurigineuse, de l'emploi de préparations à base de sulfate de cuivre.

ZOOLOGIE. — *Sur un cas nouveau d'hermaphroditisme chez une Métanémerte,* Oersteidia rustica *Joubin.* Note de M. **Mieczyslaw Oxner**, présentée par M. Yves Delage.

J'ai eu déjà l'occasion (¹) une fois de parler de cette belle Némerte et j'ai expliqué que sa coloration rouge vermillon, décrite par Joubin (1890) (²),

(¹) *Arch. de Zool. expér. et gén.*, 4ᵉ série, t. VI; *Notes et Revue*, n° 4, 1907, p. 82-92.

(²) L. Joubin, *Recherches sur les Turbellariés des côtes de France* (*Arch. de Zool. expér. et gén.*, 2ᵉ série, t. VIII, 1890).

ne provient pas d'un pigment de la peau proprement dit, mais qu'elle résulte de la nourriture rouge et qu'elle a son siège dans *l'intestin moyen* et dans le *cæcum*. J'ai démontré cela par l'observation des fèces des animaux adultes et des animaux que je faisais jeûner pendant quelques semaines. Ces derniers individus pâlissaient de plus en plus au fur et à mesure que la défécation et surtout la digestion faisaient leur œuvre. En effet, *Oe. rustica*, vivant à Roscoff et à Saint-Malo (Joubin, *loc. cit.*) parmi les *Cynthia rustica* qui sont d'une couleur rouge vermillon, se nourrit de débris de cette Ascidie. Elle bourre son intestin de cette nourriture au point que l'étude morphologique des organes devient très difficile sur le vivant, l'animal étant devenu extrêmement opaque : la couleur rouge masque tout, sauf les organes de la tête, les œufs (disposés au-dessus de l'intestin moyen) et l'intestin stomacal, par lequel la nourriture rouge passe seulement, tandis que dans l'intestin moyen, où se fait la digestion, elle fait un séjour très prolongé.

Les circonstances que je viens d'exposer brièvement ont provoqué chez Joubin, qui a découvert et décrit *Oe. rustica*, quelques erreurs d'observation faciles à comprendre. Joubin dit (*loc. cit.*, p. 584) que les sexes sont séparés dans cette espèce; il a vu les œufs, très grands chez *Oe. rustica;* il a trouvé aussi à la même époque la ponte ainsi que les individus jeunes, mais il ne dit rien des spermatozoïdes, ce qui me fait croire qu'il ne les a pas vus. Ceci s'explique d'ailleurs aisément, car chez un grand nombre d'espèces de Némertiens les mâles sont assez rares. Mais, dans ces cas, conclure à *des sexes séparés* n'est peut-être autre chose qu'une simple supposition.

Et, en effet, en ce qui concerne *Oe. rustica* cette espèce est hermaphrodite. Ceci constitue un phénomène très rare chez les Némertiens. Mais ce qui est plus curieux encore, c'est que l'hermaphroditisme de *Oe. rustica* est *pérennial* (*venia verbo*), c'est-à-dire *que durant toute l'année tous les individus adultes sont porteurs d'œufs et de spermatozoïdes en même temps*. Dans le même individu on trouve simultanément des produits génitaux mâles et femelles. Toute la face dorsale (à l'exception de la ligne médiane du corps juste au-dessus de la trompe) est occupée par les nombreux œufs disposés très irrégulièrement, sans alternance avec les culs-de-sac intestinaux. Mais en retournant l'animal et en l'examinant au microscope très attentivement par la face ventrale, on constate aussitôt dans le même individu la présence des gonades à spermatozoïdes. Ces gonades sont disposées des deux côtés et très près de la ligne médiane du corps. Elles sont au nombre de trois à dix. Assez souvent on voit deux poches à spermatozoïdes tout à fait en avant du

corps, placées immédiatement en arrière du cerveau. Les autres poches à sperme sont disposées plus en arrière, mais rarement dans le tiers postérieur du corps de l'animal. Les spermatozoïdes sont rangés à l'intérieur de leurs gonades en forme de nombreux fuseaux coniques, rayonnant autour de quelques points. Ils ont souvent un mouvement très vif; mais même ceux qui semblent immobiles à l'intérieur de leurs gonades deviennent très agités lorsque, par une légère pression, on fait éclater la poche qui les renferme et on les expulse dans l'eau qui entoure l'animal : les fuseaux se désagrègent et chaque spermatozoïde, devenu libre, va de son côté.

J'ai examiné, à différentes époques de l'année, environ 750 exemplaires de *Oe. rustica*, de Roscoff, dont j'ai fixé 160 pour faire des coupes histologiques. Voici ce que cet examen m'a donné :

1° *Janvier*. — Tous les échantillons sont hermaphrodites.

2° *Mars*. — La même chose. Œufs à tous les stades de développement. Dans les mêmes individus, latéralement de nombreux œufs très petits, translucides, sans vitellus; puis des œufs, un peu plus grands avec une quantité plus ou moins grande de vitellus; enfin des *œufs complètement mûrs*, opaques, avec toute la provision de vitellus, *très peu nombreux*. Sperme dans 3 à 10 gonades et en mouvement continu à l'intérieur des gonades.

3° *Mai*. — Tous hermaphrodites; les œufs comme au mois de mars, mais *les œufs mûrs très nombreux*. Spermatozoïdes comme au mois de mars, mais ils commencent seulement à se mouvoir dans l'eau à l'extérieur de leurs gonades.

4° *Juillet, août, septembre*. — Tous hermaphrodites. Œufs comme au mois de mai, sperme comme au mois de mars. *Individus très jeunes, nombreux; ponte* qui ne se développe cependant pas en captivité.

5° *Novembre*. — Sur 250 individus j'en ai trouvé une douzaine avec des œufs très jeunes et avec 3 à 6 gonades à sperme; 4 *individus seulement avec des œufs jeunes*; 1 *seul échantillon* qui ne contenait que *de nombreuses gonades à sperme*. Tous *les autres* individus hermaphrodites, *comme au mois de mars*, mais *le sperme, comme au mois de mai*.

Je crois pouvoir conclure de ces examens successifs pendant toute l'année que nous avons affaire chez *Oe. rustica* à un cycle *pérennial* de reproductions périodiques très compliqué. Il est impossible en effet de dire si c'est une protandrie ou une protogynie.

En ce qui concerne le phénomène même de l'hermaphroditisme, je crois pouvoir l'attribuer à la nourriture spéciale et très abondante de cette espèce. *Oe. rustica* n'est pas un parasite de *Cynthia rustica*, car elle se nourrit seulement de débris de cette Ascidie.

ANTHROPOLOGIE PRÉHISTORIQUE. — *Démonstration de l'existence de la déformation artificielle du crâne à l'époque néolithique dans le bassin de Paris.* Note de M. **Marcel Baudouin.**

Chargé en mai 1909 de fouiller, pour le compte de la *Société préhistorique de France,* la chambre sépulcrale de Belleville, commune de Vendrest (Seine-et-Marne), dont elle est propriétaire, j'ai pu extraire de cet *ossuaire,* d'un genre particulier, une quarantaine de crânes, les uns presque entiers, les autres en morceaux.

Le mobilier découvert au milieu des ossements est nettement *néolithique* (haches polies, emmanchées ou non; pic-hache, en bois de cerf; petits tranchets, nombreux poignards, objets de parure, etc.).

Dans la partie de l'ossuaire qui ne correspond pas à des sépultures par *incinération,* mais à des sépultures après *décharnement spontané* des cadavres *à l'air libre,* j'ai constaté que presque tous les crânes extraits présentent une *déformation artificielle,* aujourd'hui bien connue et due au port d'une coiffure spéciale dans le jeune âge.

Cette déformation est tout à fait comparable à la déformation décrite jadis, *pour la période actuelle,* sous le nom de *déformation annulaire* par le Dr Lunier (1852), et qui, il y a 50 ans, s'observait encore dans les Deux-Sèvres, la Seine-Inférieure, certains pays étrangers (Patagonie, etc.). Elle diffère de la variété dite *toulousaine,* mais elle est de même nature et résulte d'une compression circulaire du crâne, passant derrière le bregma et au-dessous de l'inion.

Cette trouvaille est très importante, parce que, jusqu'à présent, on n'avait pas indiqué cette déformation pour les époques préhistoriques proprement dites (âge néolithique, âge du bronze, etc.). Seul M. Chantre, en 1880, avait signalé la découverte d'un crâne déformé à Marseille, dans la nécropole *phénicienne* de la Joliette. De plus MM. Cartailhac, Delisle, Ambialet (1893), etc. avaient combattu l'hypothèse de P. Broca, d'après laquelle la déformation toulousaine ne serait autre que celle des *Macrocéphales cimmériens,* citée par Hippocrate, et constituerait une preuve de la migration de ces peuples dans le midi de la France, en affirmant qu'on n'en connaissait pas de cas authentiques, remontant à plus de quelques siècles.

En réalité cette déformation est très ancienne et remonte au milieu des *temps néolithiques;* qui plus est, elle est *autochtone.* Elle correspond d'ail-

leurs, sur toute la Terre, à une mentalité particulière, corrélative à un état donné de civilisation (¹). Les variétés qu'elle présente ne résultent que des différentes sortes d'appareils employés pour la produire.

J'avais déjà, en novembre 1908, trouvé, comme chargé de mission de la *Société d'Anthropologie de Paris* (²), dans la grotte de Jammes, à Martiel (Aveyron), *trois crânes*, présentant la même déformation annulaire (²); mais, comme je n'avais pas découvert là de mobilier pouvant dater la grotte, je n'avais pas cru pouvoir reculer l'âge de cette *coutume populaire* à une époque aussi éloignée. Dans ces conditions, une fouille complète de la grotte de Martiel s'impose, pour le contrôle de l'observation faite cette année dans les environs de Paris (³).

Il paraît résulter des recherches dans ces deux régions que la variété *annulaire* est la déformation la plus *ancienne* et la plus typique, et que la variété dite *toulousaine* (aplatissement du front par déplacement du bandeau stricteur vers l'avant) est plus récente, contrairement à ce qu'on croyait jusqu'à présent.

GÉOLOGIE. — *Les géosynclinaux de la chaîne des Alpes pendant les temps secondaires.* Note (⁴) de M. ÉMILE HAUG, présentée par M. Michel Lévy.

Grâce à la notion de facies, il n'est pas difficile, dans tous les cas où les contours primitifs n'ont pas été complètement déformés par les mouvements tangentiels de l'écorce terrestre, de reconstituer les grandes lignes de la bathymétrie d'une mer ancienne. Dans le cas d'une zone fortement écrasée, telle que la chaîne des Alpes, la reconstitution des fosses ou géosynclinaux, celle des crêtes ou géanticlinaux n'est possible que si l'on replace par la pensée les nappes de charriage, aujourd'hui superposées, dans leur position primitive, en les juxtaposant, après avoir précisé la situation de leurs racines. C'est ce que je vais tenter de faire, en me bornant à l'étude des

(¹) Ce qui explique pourquoi on l'observe à l'heure présente, en Patagonie et ailleurs.

(²) MARCEL BAUDOUIN, *Trois cas de déformation du crâne, observée sur des sujets trouvés dans la grotte de Jammes, à Martiel (Aveyron)* [*Bull. de la Soc. franç. d'Hist. de la Médecine*, Paris, 1909, t. IV, nº 1; p. 58-68 (voir aussi p. 28-29)].

(³) Voir mon Rapport de Mission à la *Société d'Anthropologie de Paris*, encore inédit, mais déjà imprimé (*Bull. et Mém. Soc. Anthrop.*, Paris, 1909).

(⁴) Présentée dans la séance du 7 juin 1909.

géosynclinaux et des géanticlinaux qui existaient dans les Alpes aux temps secondaires.

Dans les Alpes françaises, le *géosynclinal dauphinois* s'étend jusqu'au bord occidental de la zone du Briançonnais. Le Jurassique y est exclusivement bathyal, même sur l'emplacement de la zone des massifs cristallins qui constituait, du Houiller au Trias, un géanticlinal séparant le géosynclinal des Alpes françaises en deux géosynclinaux secondaires. Sur le prolongement de cette zone, le massif cristallin de l'Aar constitue, par contre, pendant toute la durée des temps mésozoïques, un géanticlinal qui, au nord-est du Rhône, divisait en deux branches le géosynclinal dauphinois. Dès lors, on peut distinguer dans les Alpes Suisses et dans les Alpes Orientales, les géosynclinaux et géanticlinaux suivants :

I. *Géosynclinal vindélicien.* — L'existence de la branche septentrionale du géosynclinal dauphinois, actuellement cachée sous les nappes suisses, résulte de la nature des facies qu'affectent, sur le bord méridional du Jura, les terrains supérieurs à l'Oxfordien. On est là, certainement, en présence du bord septentrional d'un géosynclinal dont la région axiale se trouvait plus au sud, sous la Mollasse.

1. *Géanticlinal helvétique.* — Dans le soubassement de la Dent de Morcles et dans la couverture sédimentaire du massif de l'Aar, la série secondaire est essentiellement néritique et présente plusieurs lacunes, qui correspondent à l'emplacement d'une crête temporairement émergée.

II. *Géosynclinal valaisan.* — Sur le bord méridional du massif de l'Aar reparaissent les formations bathyales du Jurassique. On les suit depuis la Tarentaise, par les deux Val Ferret et par le Valais, jusque dans les Grisons. C'est la branche méridionale du géosynclinal dauphinois. Les nappes inférieures des Préalpes y ont leurs racines et comprennent des séries jurassiques et crétacées dont les divers termes sont bien datés par leurs fossiles, tandis que, dans la région des racines, tous les terrains, y compris le Flysch tertiaire, mais à l'exclusion du Trias, sont transformés en schistes lustrés.

2. *Géanticlinal briançonnais.* — La zone axiale du Briançonnais et la nappe supérieures des Préalpes, qui a sa racine dans son prolongement, sont caractérisées par un Lias coralligène ou spathique, par les couches à *Mytilus* et par le Tithonique coralligène, transgressifs en divers points. Sur les deux flancs du géanticlinal, des brèches prenaient naissance, qui, grâce à des coulées sous-marines, comparables aux coulées sous-lacustres récemment décrites par M. Arnold Heim, venaient se mélanger aux formations bathyales des deux géosynclinaux voisins.

III. *Géosynclinal piémontais.* — La zone du Piémont correspond à une immense accumulation de schistes métamorphiques avec roches ophiolithiques intercalées. Les radiolarites néojurassiques permettent d'en fixer la limite supérieure.

3. *Géanticlinal lombard.* — Une crête sous-marine, correspondant à la zone cristalline des Lacs et à la traînée tonalitique, séparait les géosynclinaux alpins des géosyn-

clinaux dinariques. Le Lias et le Jurassique supérieur y affectent des facies néritiques (Gozzano, Lugano, Radstädter Tauern).

IV. *Géosynclinal bajuvarien.* — Les Alpes calcaires de la Lombardie, les chaînes de la rive droite de l'Adige, la zone du Gailthal et les Karawanken du Nord constituent une zone tectonique unique, où la nappe de Bavière a ses racines. C'est un géosynclinal peu profond, avec sédiments très puissants, au Trias; très profond, avec sédiments souvent réduits à de faibles épaisseurs, au Jurassique. Le Néocomien et le Sénonien y étaient, en général, également représentés par des formations bathyales.

4. *Géanticlinal carnique.* — Le Dachsteinkalk zoogène, les calcaires du Hierlatz liasiques, le Jurassique supérieur coralligène caractérisent la nappe du Todte Gebirge et correspondent, dans les Alpes calcaires méridionales, à l'emplacement d'un géanticlinal, qui se prolonge vers le Sud-Ouest dans la région de Recoaro.

V. *Géosynclinal juvavien.* — Dans une zone plus méridionale, d'où sont parties les nappes du Sel et de Hallstatt, le début du Trias est marqué par une phase lagunaire, avec dépôt de sel dans un bassin d'évaporation, puis la cuvette a atteint graduellement de grandes profondeurs, de sorte que les Céphalopodes y vivent en abondance. Des facies analogues à ceux de Hallstatt se rencontrent jusque dans les Dolomites. Au Jurassique et au Crétacé, la même zone est également caractérisée par des formations bathyales (Belluno, Feltre).

5. *Géanticlinal forojulien.* — Sur le bord méridional des Alpes Vénitiennes et dans la nappe du Dachstein, la présence de calcaires noriens coralligènes, de couches du Hierlatz, de Tithonique coralligène, de calcaires à Hippurites indique l'existence d'un troisième géanticlinal dinarique, qui délimite au Sud le géosynclinal juvavien.

VI. *Géosynclinal illyrien.* — Il existait enfin un dernier géosynclinal, sur le bord même de l'Adriatique. On y retrouve le Virglorien à Céphalopodes, des calcaires de Hallstatt carniens, le Lias supérieur à Céphalopodes, les calcaires à silex du Jurassique supérieur.

On voit par cet aperçu combien était accidenté le fond des mers secondaires dans la région qui devait être plus tard le siège des mouvements alpins. Aucun des six géosynclinaux qu'on peut distinguer ne surpasse les autres en importance, aucun ne peut revendiquer le qualificatif d'*axial*. Tous ont été l'objet d'une compression extrêmement intense, tous ont pris part à la formation des nappes, mais on remarquera que ce sont les géanticlinaux qui ont été le point de départ des charriages superficiels les plus intenses, tandis que c'est dans les géosynclinaux que se sont formés, sous une charge énorme de sédiments, les grands plis couchés, à flanc inverse non laminé, du géosynclinal dauphinois (mont Mounier, mont Joli), du géosynclinal valaisan (Simplon, Adula, Tambo, Suretta) et du géosynclinal piémontais (Grand Paradis et mont Rose).

SISMOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre du* 11 *juin* 1909. Note de M. **Alfred Angot**.

Un tremblement de terre a, dans la soirée du 11 juin, ébranlé tout le littoral français de la Méditerranée, de Perpignan au delà de Nice, et a malheureusement fait un assez grand nombre de victimes en Provence, dans la région d'Aix. Ce tremblement de terre a été complètement enregistré au Parc Saint-Maur sur le sismographe Wiechert petit modèle (masse de 200^{kg}), qui est provisoirement en service, en attendant des instruments plus puissants.

Voici quelles ont été les phases principales du phénomène, toutes les heures étant données en temps moyen civil de Greenwich :

A $21^h 7^m 1^s$, début des premiers mouvements appréciables pour les deux composantes. Les oscillations, de très faible amplitude, ont une période moyenne de 1 seconde environ.

A $21^h 7^m 53^s$ pour la composante EW et $21^h 8^m 1^s$ pour la composante NS, la période des oscillations devient beaucoup plus grande, de 5 à 7 secondes, ainsi que l'amplitude totale qui atteint 4^{mm} sur le tracé.

Vers $21^h 8^m 44^s$, début des grandes oscillations pour les deux composantes; l'amplitude maximum a atteint, sur le tracé, 28^{mm} pour la composante EW et 23^{mm} pour la composante NS. Les grandes oscillations avaient une durée moyenne de 6 secondes, mais il s'y superposait des oscillations irrégulières plus rapides. L'amplitude des oscillations devient beaucoup plus petite vers $21^h 13^m$, puis décroît progressivement; toute trace d'agitation a momentanément disparu à $21^h 25^m$.

Une seconde période d'agitation débute simultanément pour les deux composantes à $21^h 38^m 36^s$. Les oscillations, de faible amplitude, mais rapides (de 1 à 2 secondes), ont complètement cessé à $21^h 43^m$.

Le sismographe avait été réglé à nouveau dans la journée même du 11 juin. La durée d'oscillation propre était exactement de 8 secondes pour les deux composantes, à $\pm 0^s,1$ près; l'amplification employée est 80 et l'amortissement est poussé presque jusqu'à l'apériodicité. L'extrême finesse du tracé et le développement du papier, $10^{mm},7$ par minute, permettent d'apprécier la seconde sans difficulté.

En dehors des observations du Parc Saint-Maur, j'ai reçu un certain nombre de renseignements qu'il est intéressant de résumer.

Les heures sont, comme précédemment, données en temps moyen de

Greenwich, sous réserve des corrections qui pourront être faites ultérieurement par suite d'erreurs dans les transmissions télégraphiques :

MARSEILLE (Observatoire : M. Bourget, directeur). Première secousse à $21^h7^m2^s$; deuxième à 21^h33^m; direction NE-SW, pas de grondement.

MONT-MOUNIER (Alpes-Maritimes). Secousse entre 21^h5^m et 21^h20^m.

PIERRELATTE (Drôme, M. Caprais-Favier). Premier mouvement peu intense vers 21^h10^m. Vers 21^h20^m deux autres secousses plus nettes, à 2 ou 3 secondes d'intervalle et durant environ 1 seconde chacune. Les lits ont été déplacés, les fenêtres et les planchers ont craqué.

MONTPELLIER (M. Chassant). A 21^h7^m, cinq secousses horizontales sensibles; durée, 2 secondes; intensité 3 de l'échelle Rossi-Forel. Des secousses ont été ressenties à Nîmes et à Cette.

PERPIGNAN (Observatoire : M. Mengel, directeur). Secousse d'intensité 4, ayant arrêté la pendule du magnétographe à 21^h6^m. Le sismographe Cecchi a indiqué pendant 5 secondes des secousses ondulatoires à composante horizontale NNW. Lits déplacés; nombreuses pendules arrêtées. La secousse a été fortement ressentie sur tout le littoral du Roussillon, mais plus faiblement dans l'intérieur.

PIC-DU-MIDI (Observatoire : M. Marchand, directeur). Mouvements insensibles aux habitants; le sismographe de Bagnères indique à $21^h8^m38^s$ des oscillations du SE au NW; troubles au magnétomètre.

GRENOBLE (M. Kilian). Le sismographe a enregistré à $21^h7^m0^s$ une secousse, direction SE-NW.

VAL-JOYEUX (Observatoire magnétique). La courbe du déclinomètre est épaissie vers 21^h5^m (la vitesse de développement du papier ne permet pas d'apprécier la minute); rien d'anormal sur les courbes des composantes horizontale et verticale.

HAMBOURG (Erdbebenstation). Commencement de la première secousse à 21^h8^m, de la deuxième à $21^h40^m30^s$. Distance probable de l'épicentre 1200^{km}.

Des renseignements détaillés ont été demandés immédiatement à tous les présidents des Commissions météorologiques départementales du Sud-Est. J'espère que les réponses seront assez nombreuses pour permettre une étude détaillée de ce tremblement de terre, le plus important qui ait été ressenti en France, au moins depuis celui du 23 février 1887.

M. JOSEPH BUIS adresse un Mémoire intitulé : *Vol plané continu.*

M. C. **Dorville** adresse un *Mémoire concernant le vol à voile chez les Oiseaux.*

(Ces deux Mémoires sont renvoyés à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 1er juin 1909.

Ministère de l'Agriculture. Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles. *Service d'études des grandes forces hydrauliques* (Région des Alpes). Tome I : *Organisation et comptes rendus des travaux.* Tome II : *Résultats des études et travaux.* (*Annales du Ministère de l'Agriculture,* fasc. 32. Paris, Imprimerie nationale, 1905; 2 vol. in-4°). Tome III : *Compte rendu et résultats des études et travaux au* 31 *décembre* 1907. Lille, imp. Danel, 1908; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Michel Lévy.)

Traité analytique des orbites absolues des huit planètes principales, par Hugo Gyldén. Tome II : *Détermination des inégalités des huit planètes principales dépendant de leurs configurations.* Stockholm, F. et G. Beijers; Paris, A. Hermann; Berlin, Mayer et Müller, 1908; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Le pluralisme, essai sur la discontinuité et l'hétérogénéité des phénomènes, par J.-H. Boex-Borel (J.-H. Rosny aîné). Paris, Félix Alcan, 1909; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Appell.)

Compagnie des Chemins de fer du Midi. Assemblées générales extraordinaire et ordinaire des Actionnaires, du 26 *avril* 1909, présidence de M. Georges Picot, vice-président du Conseil d'Administration. *Rapports du Conseil d'administration. Résolutions des assemblées.* Paris, 1909; 1 fasc. in-4°.

Étude sur le théorème de Fermat, par Émile Sageret. Paris, L. Dulac, 1909; 1 fasc. in-8°.

Journal de Mathématiques pures et appliquées, 6e série, publiée par Camille Jordan; t. V, fasc. 1, année 1909. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de l'Institut océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco); nos 138-141. Monaco; 4 fasc. in-8°. (*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUIN 1909.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le diméthylcamphre et l'acide diméthylcampholique.* Note de MM. **A. Haller** et **Ed. Bauer**.

L'un de nous [1] a montré, il y a quelques années, qu'il est possible de préparer des dérivés mono- et polysubstitués de certaines cétones cycliques (méthylcyclohexanone, menthone) quand on fait agir des iodures alcooliques sur les cétones sodées au moyen de l'amidure de sodium. Il en a été ainsi de la méthylhexanone 1.3, dérivée de la pulégone, qu'on a pu convertir en di-, tri-, tétra- et pentaméthylhexanones.

Dans une Communication plus récente [2], nous avons fait voir que, grâce à l'intermédiaire du même amidure, on peut substituer trois radicaux hydrocarbonés aux trois atomes d'hydrogène du groupe méthyle de l'acétophénone et que les trialcoylacétophénones ainsi préparées, chauffées au sein du toluène ou de la benzine avec de l'amidure, se scindent en carbure aromatique et en amides des acides trialcoylacétiques.

L'étude présente a le double but de montrer que l'on peut, par la même voie, remplacer dans le camphre les deux atomes d'hydrogène du groupe CH^2 qui se trouve au voisinage du carbonyle CO par deux radicaux alcooliques, en l'espèce par du méthyle, et que le diméthylcamphre ainsi obtenu peut être transformé en amide de l'acide diméthylcampholique, quand on chauffe sa solution benzénique avec de l'amidure de sodium. Cette réaction

---

(1) A. Haller, *Comptes rendus,* t. CXXXVIII, p. 1139; t. CXL, p. 127, 1626.

(2) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus,* t. CXLVIII, p. 127.

présente la plus grande analogie avec celle observée sur les trialcoylacétophénones ainsi qu'avec celle publiée par M. Semmler sur la fénone [1].

Elle montre une fois de plus que les cétones alicycliques et cycliques, dans lesquelles le groupement fonctionnel est compris entre deux atomes de carbone tertiaires, subissent, en présence de l'amidure, une rupture au voisinage du radical CO pour donner naissance à des amides et à des carbures lorsqu'il s'agit des premiers et uniquement à des amides quand il s'agit des corps cycliques :

$$(1)\qquad C^6H^5-CO-C\begin{matrix}\diagup R\\ -R'\\ \diagdown R''\end{matrix} + NH^2Na = C^6H^6 + \begin{matrix}R\diagdown\\ R'-\\ R''\diagup\end{matrix}C-CONHNa,$$

$$(2)\qquad \begin{array}{c}\begin{array}{l}CH^2-CH-C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}\\ \mid\qquad\ \ CH^2\qquad\mid\\ CH^2-\underset{\mid}{\overset{}{C}}\text{------}CO\\ \qquad\ \ CH^3\end{array}\\ \text{Fénone.}\end{array} + NH^2Na = \begin{array}{c}\begin{array}{l}CH^2-CH-CH\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}\\ \mid\qquad\ \ CH^2\\ CH^2-\underset{\mid}{C}-CONHNa\\ \qquad\ \ CH^3\end{array}\\ \text{Dihydrofencholénique.}\end{array}$$

$$\begin{array}{c}\begin{array}{l}CH^2-CH-C\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}\\ \mid\ CH^3CCH^3\ \mid\\ CH^2-\underset{\mid}{C}\text{------}CO\\ \qquad\ \ CH^3\end{array}\\ \text{Diméthylcamphre.}\end{array} + NH^2Na = \begin{array}{c}\begin{array}{l}CH^2\text{------}CH\text{------}CH\begin{smallmatrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{smallmatrix}\\ \mid\quad CH^3-CCH^3\\ CH^2\text{------}\underset{\mid}{C}\text{------}CONHNa\\ \qquad\quad\ CH^3\end{array}\\ \text{Diméthylcampholamide.}\end{array}$$

Action de l'iodure de méthyle sur le camphre sodé au moyen de l'amidure. — Quand on fait agir au sein de l'éther anhydre, ou mieux au sein du benzène bien sec, une molécule d'amidure de sodium bien pulvérisé sur une molécule de camphre, on observe un dégagement d'environ $\frac{4}{5}$ de molécule d'ammoniaque en même temps que l'amidure disparaît peu à peu.

Après 5 heures de chauffe, le dégagement d'ammoniaque devient insignifiant, bien qu'il reste encore un peu d'amidure de sodium non attaqué au fond du ballon. Dans la liqueur, qui a pris une teinte jaune ambré, on fait ensuite couler par petites portions, à l'aide d'un entonnoir à robinet, $\frac{2}{3}$ de molécule d'iodure de méthyle dilué dans un peu de benzine. La réaction, assez vive au début, ne tarde pas à se calmer et il se dépose de l'iodure de sodium. On continue à chauffer à l'ébullition, pendant 2 à 3 heures, de façon à faire entrer en solution le restant de l'amidure, et, quand il ne se dégage plus d'ammoniaque, on introduit le restant d'iodure de méthyle. Après avoir maintenu le

---

[1] SEMMLER, *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, t. XXXIX, p. 2577.

mélange à l'ébullition durant une demi-heure environ, on verse dans de l'eau froide, et on décante la couche surnageante. La benzine est éliminée au bain-marie et le résidu distillé sous pression réduite. Il passe intégralement de 95° à 105° sous 11^{mm}. Sans s'arrêter à un fractionnement plus rigoureux, ce produit est dissous dans de la benzine et retraité une seconde fois par de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle, en ayant soin d'opérer exactement comme la première fois.

Après lavage, distillation et rectification, on obtient finalement un liquide incolore passant de nouveau intégralement entre 95° et 105° sous 11^{mm} sans laisser de résidu. Ce produit est constitué par du diméthylcamphre mélangé d'un quart environ de monométhylcamphre qu'on arrive à séparer facilement en traitant le mélange par de l'hydroxylamine, le monométhylcamphre formant une oxime tandis que le diméthylcamphre résiste à l'action de cette base.

A cet effet on étend la matière de deux volumes d'alcool et on la chauffe dans un appareil à reflux avec $\frac{1}{4}$ de molécule de chlorozincate d'hydroxylamine pendant 3 jours, l'oximidation du méthylcamphre étant assez pénible même avec le réactif de Crismer. On chasse alors la majeure partie de l'alcool, on dilue avec de l'eau et l'on reprend par de l'éther. La liqueur éthérée est traitée à plusieurs reprises par de l'eau ammoniacale, dans le but d'enlever les dernières traces de zinc qui pourraient occasionner des décompositions lors de la distillation de l'oxime, et est finalement distillée au bain-marie. Le résidu soigneusement rectifié à la colonne fournit, après deux ou trois fractionnements, une première portion passant à 101° sous 11^{mm} et constituée par du diméthylcamphre, puis un second produit distillant de 134°-135° sous 11^{mm} qui est de la méthylcamphoroxime.

Le *diméthylcamphre* se présente sous la forme d'un liquide assez mobile dont l'odeur rappelle celle du camphre et de la fénone et qui distille à 106° sous 11^{mm}.

Ses constantes physiques sont les suivantes à 25° :

$$D_4^{25} = 0,94708, \qquad M_D = 53,21, \qquad M_\gamma - M_\alpha = 1,30.$$

M_D calculé pour $C^{12}H^{20}O'' = 53,31$ et $M_\gamma - M_\alpha$ calculé $= 1,27$; pouvoir rotatoire à 24° produit pur $[\alpha]_D = +92°,7$; en solution alcoolique, $+92°,5$.

Nous le répétons, le diméthylcamphre résiste à l'action de l'hydroxylamine comme les quinones orthosubstituées de M. Kehrmann [1], et ne donne

---

[1] F. Kehrmann, *Deut. chem. Ges.*, t. XLI, p. 4357.

pas de semicarbazone. Cette inaptitude réactionnelle de ce produit tient, sans doute, à un empêchement stérique.

Réduit en solution dans l'alcool absolu par du sodium, le diméthylcamphre fournit le *diméthylbornéol*, liquide épais passant à 109°-111° sous 13^{mm} et se prenant par le refroidissement en une masse cristalline, à forte odeur de bornéol, et fondant à 18°-20°. On a pu isoler des cristaux dont le point de fusion est situé entre 28° et 30°, ce qui semble montrer qu'on a probablement affaire à un mélange de deux bornéols stéréoisomères. Le pouvoir rotatoire de ce produit à 23° est de $[\alpha]_D = +32°,4$.

Dans l'espoir de séparer les deux stéréoisomères, nous avons fait agir sur ce bornéol de l'isocyanate de phényle et avons soumis la phényluréthane ainsi obtenue à une série de cristallisations dans l'alcool sans arriver au résultat désiré.

La *phényluréthane* du *diméthylbornéol* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} C=(CH^3)^2 \\ | \\ CH\,O\,CO\,NH\,C^6H^5\end{array}\right.$ se présente sous la forme de petites aiguilles fondant à 111°,5-112°, assez solubles dans l'alcool, solubles dans l'éther, presque insolubles dans l'éther de pétrole. Pouvoir rotatoire, $[\alpha]_D = +29°,5$.

Action de l'amidure de sodium sur le diméthylcamphre. — Quand on fait agir 1$^{mol}\frac{1}{4}$ d'amidure de sodium sur une solution benzénique de diméthylcamphre (1^{mol}), on n'observe pas de dégagement d'ammoniaque et l'amidure entre partiellement en dissolution, en même temps que la solution brunit légèrement. Après 7 à 8 heures d'ébullition du mélange, on décompose lentement par de l'eau en suivant le mode opératoire indiqué pour la préparation des acides trialcoylacétiques.

Après décantation, on distille la benzine et le résidu est fractionné dans le vide. De 100° à 115°, sous 14^{mm}, il passe d'abord du diméthylcamphre non altéré, puis le thermomètre monte rapidement à 175° pour se maintenir ensuite entre cette température et 180°, jusqu'à ce que toute la matière ait passé dans le récipient. Une nouvelle rectification permet d'obtenir un produit passant intégralement de 179° à 180° sous 14^{mm} et se prenant lentement en une masse cristalline blanche.

L'*amide diméthylcampholique* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} CH\left\langle\begin{array}{l}CH^3\\CH^3\end{array}\right. \\ CONH^2\end{array}\right.$ ainsi préparée est un corps blanc extrêmement soluble dans tous les solvants organiques au sein desquels il ne cristallise qu'après élimination presque totale du

solvant. Elle fond à 72°-73° et possède dans l'alcool le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +70°,8$.

Acide diméthylcampholique $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} CH\left\langle\begin{array}{l}CH^3\\ CH^3\end{array}\right. \\ CO^2H\end{array}\right.$. — Comme les amides trialcoylacétiques, l'amide diméthylcampholique résiste à l'action de la potasse. L'acide s'obtient en traitant une solution froide de l'amide dans de l'acide sulfurique concentré par du nitrite de soude, et chauffant ensuite le mélange à une température ne dépassant pas 50° à 60°, afin d'éviter la formation de produits résineux. Quand il ne se dégage plus de vapeurs nitreuses, on ajoute peu à peu de l'eau et l'on constate la formation de paillettes blanches au sein du liquide. On recueille ce produit, on le dissout dans le carbonate de soude pour éliminer l'amide non décomposée, on filtre et on sursature la liqueur. Le précipité est recueilli et mis à cristalliser dans l'alcool.

L'acide diméthylcampholique est très soluble dans tous les solvants organiques. Au sein de l'alcool dilué il cristallise en belles aiguilles fondant à 73°-74°. Son pouvoir rotatoire dans l'alcool $[\alpha]_D = +47°,4$.

Constitution de l'acide diméthylcampholique. — Au début de cette Note, et par analogie avec ce que M. Semmler a observé avec la fénone, nous avons admis que la rupture d'une des chaînes fermées du noyau camphre se faisait suivant le schéma I. Mais on peut tout aussi bien admettre que le même noyau s'ouvre d'une autre manière, le groupement CO étant uni des deux côtés à des carbones tertiaires; on aurait alors un corps représenté par la formule II :

$$\begin{array}{lllll} CH^2 & — & CH & — & CH = (CH^3)^2 \\ | & & | & & \\ | & CH^3 - & C\,CH^3 & & \\ | & & | & & \\ CH^2 & — & C & — & CO^2H \\ & & | & & \\ & & CH^3 & & \\ & & \text{I.} & & \end{array} \qquad \begin{array}{lllll} CH^2 & — & CH & — & C\left\langle\begin{array}{l}(CH^3)^2\\ CO^2H\end{array}\right. \\ | & & | & & \\ | & CH^3 - & C - CH^3 & & \\ | & & | & & \\ CH^2 & — & CH & & \\ & & | & & \\ & & CH^3 & & \\ & & \text{II.} & & \end{array}$$

Pour trancher la question, il y avait lieu de soumettre l'acide diméthylcampholique à l'oxydation permanganique, un corps de la formule I devant fournir d'abord une diméthylcampholide qui pourrait être identique à celle que M. Komppa [1] vient de préparer au moyen de l'iodure de méthylma-

---

[1] KOMPPA, *Deut. chem. Ges.*, t. XLI, p. 1903.

gnésium et de l'anhydride camphorique, puis ultérieurement de l'acide camphorique.

Un corps de la constitution II ne saurait donner de l'acide camphorique.

Des essais tentés en vue de résoudre la question n'ont pas encore abouti. Nous avons bien obtenu un acide différent de l'acide camphorique et qui, en fondant, perd de l'acide carbonique, mais les quantités isolées sont trop faibles pour le caractériser.

Nous poursuivons d'ailleurs cette étude, ainsi que celle relative au méthylcamphre et aux alcoylcamphres et alcoylbornéols en général.

En faisant agir sur du camphre, sodé par l'intermédiaire de l'amidure, les homologues supérieurs de l'iodure de méthyle, on réussit en effet à préparer les monoalcoyl- et les dialcoylcamphres, qui peuvent se séparer au moyen de l'hydroxylamine, les premiers seuls donnant des oximes.

En résumé, nos recherches montrent :

1° Que le camphre, sodé au moyen de l'amidure, se prête à la préparation de dérivés monoalcoylés et dialcoylés;

2° Que seuls les dérivés monoalcoylés sont susceptibles de se combiner à l'hydroxylamine pour fournir des oximes;

3° Qu'en l'espèce, le diméthylcamphre, chauffé avec de l'amidure de sodium, donne naissance à une amide que nous avons provisoirement appelée *diméthylcampholamide*, amide que nous avons réussi à transformer en acide.

GÉOLOGIE. — *Sur les nappes de l'île d'Elbe.* Note de M. **Pierre Termier.**

J'ai signalé dans une précédente Communication [1] l'existence, parmi les terrains de la région orientale de l'île d'Elbe, d'un étage granitique et gneissique où les phénomènes d'écrasement et de laminage sont habituels et intenses, d'un étage de véritables *mylonites* granitiques et gneissiques. C'est le système désigné par le symbole pr^1 (*gneiss présiluriens*) sur la Carte géologique et dans le Mémoire de M. Lotti [2]. J'ai dit que c'était là un très important *symptôme de charriage*, et qu'un autre symptôme était la

---

(1) P. Termier, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1441-1445.

(2) B. Lotti, *Carta geolog. dell' isola d'Elba*, 1884; et *Descrizione geol. dell' isola d'Elba*, 1886.

présence de *brèches de friction* en divers points de l'île, par exemple aux Ghiaje, près de Portoferrajo.

Ce n'est pas tout. Il y a le fait de l'*allure lenticulaire*, extraordinairement prononcée, des divers termes de la série sédimentaire de l'île d'Elbe; il y a l'existence, entre l'étage des mylonites et cette série sédimentaire, de lentilles discontinues d'un terrain métamorphique entièrement semblable aux Schistes lustrés de la Corse; il y a enfin cet autre fait, absolument décisif, d'un incontestable *recouvrement* de l'Éocène par le Silurien, au Monte Fabbrello. Cet ensemble de phénomènes ne laisse place à aucun doute: l'île d'Elbe est un *pays de nappes*, tout comme la Corse orientale.

Au sujet de l'allure lenticulaire des terrains, je n'ai qu'à renvoyer à la Carte et aux coupes de M. Lotti. Dans celles-ci, comme sur celle-là, cette allure saute aux yeux. Les micaschistes du Monte Calamita forment, au sommet de l'étage des mylonites, une énorme lentille; les Schistes lustrés, entre cet étage et le Silurien, sont en lentilles; en lentilles aussi le Silurien, sous les schistes carbonifères ou le Verrucano; en lentilles toujours les divers étages du Primaire et du Secondaire, et les divers termes de la puissante série éocène. Cette allure est accompagnée de discordances locales, alors que, d'une façon générale, les strates sont concordantes. Et cependant, sauf sur quelques points, les plissements apparents sont peu intenses, peu serrés, et se réduisent à de larges ondulations.

L'analogie de l'étage de cipolins, de calcschistes micacés et de micaschistes (*pr^3* et *pr^4* de la Carte) avec les Schistes lustrés de la Corse avait déjà frappé M. Lotti. Elle va jusqu'à l'identité pétrographique. Les cipolins micacés *pr^3* sont identiques à ceux de Luri, d'Erbalunga et de Bastia. De même qu'en Corse, cette série se termine souvent à sa partie haute par une masse de roches vertes: et c'est la serpentine *s^1* de M. Lotti. Tout cet étage, y compris la serpentine, a été regardé par M. Lotti comme *présilurien*, parce qu'il supporte le Silurien. Mais nous savons maintenant qu'en Corse les Schistes lustrés supportent indifféremment du granite, du Houiller, du Permien, du Trias, du Lias ou de l'Éocène.

J'insisterai davantage sur le *recouvrement* du Monte Fabbrello. Ce point est le nœud de la géologie elbaine. M. Lotti en a parfaitement compris l'importance et a montré qu'il y avait là une énigme tectonique (¹). A cette époque, 1884-1886, plus de deux ans avant l'explication par Marcel Bertrand de l'anomalie du Beausset, on ne pouvait guère avoir l'idée d'un recouvre-

(¹) Lotti, *loc. cit.*, p. 28.

ment. M. Lotti a tenté de résoudre la difficulté par l'hypothèse d'une faille ; et c'est ainsi que tout le monde faisait alors. Cette faille, marquée sur la Carte par un trait volontairement imprécis, est désignée dans le texte sous le nom de *faille du golfe de Portoferrajo*.

Le Monte Fabbrello est une colline dont le point culminant est à 130^m au-dessus de la mer et qui se dresse un peu à l'est de la route de Portoferrajo à Porto Longone, près du col où est bâtie la Casa Marchetti. Le sommet de la colline est fait de quartzites (permiens ou triasiques) reposant sur les schistes noirs siluriens. Pour bien voir la structure, il faut suivre la mauvaise route qui, de la Casa Marchetti, s'élève à l'est vers la Casa Traditi. A 500^m ou 600^m de la Casa Marchetti, à un col, un sentier se détache de cette route à gauche et contourne le versant est du Monte Fabbrello. Voici ce que l'on observe, en suivant d'abord la route, ensuite le sentier.

Les assises, dans l'ensemble, sont horizontales ou plongent faiblement au nord-ouest. On est d'abord dans le Silurien ; puis, le Silurien se relevant un peu, la route coupe la serpentine ; puis on rentre dans le Silurien. Brusquement, à 350^m ou 400^m de la Casa Marchetti, le Silurien se relève, et l'on voit s'enfoncer *sous* ce terrain, avec intercalation d'une brèche de friction et d'une lame de quelques centimètres de serpentine, les calcaires et les grès de l'Éocène (*alberese* et *macigno*). Un peu plus loin, le sommet de cet Éocène est formé d'un banc de microgranite compact, du type appelé *eurite* par M. Lotti. Plus loin encore, les terrains s'abaissent, on rentre dans le Silurien, qui descend même en contre-bas de la route : là, dans un ravin, on peut voir les schistes noirs siluriens *reposer sur l'Éocène*. La route rentre ensuite dans l'Éocène, qui forme le col où le sentier qui va vers le nord se détache de la route. A quelques mètres au nord de ce col, le contact Éocène-Silurien redescend, et l'on traverse le banc d'*eurite* blanche qui est le sommet de l'Éocène. Puis, entre cette *eurite* et le Silurien, une lentille s'interstratifie, rapidement grossissante vers le nord, et faite de micaschistes et de calcschistes micacés, avec bancs de calcaires cristallins ferrugineux. Un peu plus au nord, la serpentine reparaît, entre le Silurien et cette lentille de Schistes lustrés. Quant aux sédiments éocènes, mêlés d'intrusions microgranitiques, qui s'enfoncent ainsi sous les Schistes lustrés et sous le Silurien, ils reposent eux-mêmes, au sud du Monte Fabbrello, sur du microgranite laminé formant le sommet de l'étage mylonitique (pr^1 de la Carte).

Ainsi, le Silurien du Monte Fabbrello, terme inférieur de la série sédimentaire classique de l'île d'Elbe, n'est pas *en place*. Il repose, à peu près horizontal, sur les calcaires et les grès éocènes mélangés de microgranite et reposant eux-mêmes sur du microgranite laminé. Entre le Silurien et l'Éocène, il y a intercalation, discontinue et lenticulaire, de Schistes lustrés avec serpentine.

La série sédimentaire classique de l'île d'Elbe, qui va du Silurien fossilifère à l'Éocène, est une nappe, posée sur une autre nappe où il y a également de l'Éocène. Entre ces deux nappes, il y a des lentilles discontinues d'une

nappe intermédiaire, formée de terrains métamorphiques (Schistes lustrés). Il y a donc *trois* nappes à l'île d'Elbe, savoir :

I. Une nappe profonde, comprenant, de bas en haut : *a*, du granite, des gneiss, des micaschistes, tout cela non écrasé à l'ouest de l'île (Monte Capanne), très écrasé à l'est; *b*, un Trias marmoréen et dolomitique (marbres de la Calamita); *c*, un Éocène calcaire, schisteux et gréseux (étage de l'*alberese* et du *macigno*, e^5 et e^6 de la Carte), riche en intrusions microgranitiques, mais ne renfermant pas de roches vertes, ou, du moins, n'en renfermant que dans la région ouest de l'île (pourtour du Monte Capanne); c'est dans cet Éocène que l'on trouve, au sud du col Reciso, des *Nummulites*.

II. Une nappe intermédiaire, peu épaisse et lenticulaire, de Schistes lustrés identiques à ceux de la Corse et comprenant comme eux des roches vertes (serpentine); c'est une *série compréhensive*, entièrement métamorphique, embrassant probablement tous les terrains du Trias supérieur à l'Éocène.

III. Une nappe supérieure, comprenant, de bas en haut : α, le Silurien fossilifère; β, les schistes primaires de Rio Marina, probablement carbonifères; γ, le Verrucano et les quartzites du Trias; δ, le Trias et l'Infralias dolomitiques; ε, le Lias fossilifère; ζ, un Éocène différent de celui de la nappe I et comprenant, *avec beaucoup de roches vertes* et *sans aucune intrusion microgranitique*, des schistes, des jaspes et phtanites, et des calcaires blancs (termes e^1, e^2 et e^3 de la Carte).

Si cette analyse est exacte, toutes les fois que l'Éocène du type I (Éocène à intrusions microgranitiques) vient au contact de l'Éocène du type III (Éocène à roches vertes), ce contact doit être *anormal* : c'est une *surface de charriage*, au long de laquelle ont été momentanément supprimées la nappe II tout entière et la partie basse de la nappe III. En regardant la Carte de M. Lotti, on voit qu'il y a deux lignes de contact de ce genre, donnant l'illusion d'une série éocène unique et continue : l'une va de la Casa Fantolini à la Casa Ciollini par les points 278 et 276, près du Monte Castello ; l'autre va de l'Acona à San Giovanni par le col Reciso et se prolonge par les Ghiaje, près de Portoferrajo.

En suivant attentivement ces deux lignes, on constate aisément leurs caractères de contact anormal. Le contact est souvent vertical, ou se balance de part et d'autre du plan vertical en restant très redressé. Dans ce contact, les étages finissent en pointe et s'écrasent : tel est le cas des calcaires e^3 au sud du col Reciso et aux environs des points 276 et 278. La série III est, au voisinage du contact, violemment plissée, et des plis entiers vont s'écraser dans la zone de charriage : c'est ainsi que l'on voit, entre e^3 (série III) et e^6 (série I), reparaître çà et là des roches vertes ou des jaspes e^2. Enfin, des brèches de friction jalonnent, de distance en distance, les deux lignes : brèches de microgranite et de serpentine, près du point 276;

brèche de serpentine au sud de la Casa del Duca; et, sur le prolongement de la même ligne, brèches des Ghiaje, près de Portoferrajo, les unes de roches vertes, les autres de microgranite et de sédiments éocènes.

En dehors de ces deux lignes de contact anormal entre l'*Éocène sans roches vertes* (e^6) et l'*Éocène à roches vertes* (e^1, e^2, e^3), il y a trois points où l'on voit de petits lambeaux de l'Éocène e^6 s'enfoncer sous l'Éocène à roches vertes, ou bien affleurer dans des *fenêtres* de la nappe de roches vertes (cimetière de Porto Longone; Casa del Duca, au nord du col Reciso). Je suis donc très convaincu qu'il y a, à l'île d'Elbe, deux séries éocènes, deux faciès de l'Éocène, appartenant à des nappes différentes, qui peuvent venir en contact par les hasards du laminage, mais qui, stratigraphiquement parlant, sont séparés par la zone des terrains métamorphiques (zone des Schistes lustrés).

NOMINATIONS.

M. le **Président de la Société d'Anthropologie de Paris** demande à l'Académie de vouloir bien prendre part à la commémoration du cinquantième anniversaire de sa fondation, qui sera célébrée les 7, 8, 9 et 10 juillet prochain.

L'Académie délègue, pour la représenter, MM. **E. Perrier** et **E.-L. Bouvier**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Traité de l'alimentation et de la nutrition à l'état normal et pathologique*, par M. E. Maurel. (Présenté par M. C. Bouchard.)

2° Ministère de l'Instruction publique. Délégation en Perse. *Annales d'Histoire naturelle*, publiées sous la direction de J. de Morgan, Délégué général. Tome I : *Paléontologie*. (Présenté par M. H. Douvillé.)

3° *État actuel et avenir de l'aviation*, par Rodolphe Soreau. (Présenté par M. H. Deslandres.)

ASTRONOMIE. — *Sur la nouvelle comète Daniel.* Note de M. JAVELLE, transmise par M. Bassot.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie les observations de la nouvelle comète Daniel faites à Nice, à l'équatorial Gautier de $0^m,76$ d'ouverture.

COMÈTE DANIEL.

Dates. 1909.	Temps moyen de Nice.	Δα.	ΔⓅ.	Nombre de comparaison.	Étoiles.
Juin 16...	13h13m11s	−3m29s,27	+2′52″,2	15:10	1
17...	13.32. 9	−3.31,83	+3.48,2	15:10	2
18...	13.30.14	+6.10,56	+2. 8,0	15:10	3
19...	13. 2. 4	−4. 4,38	+1.54,4	15:10	4

Étoiles.	Autorités.	Gr.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne.	Réduction au jour.
1	½[Cambridge (A) 1006 + Paris 2276].	8,5	1h45m23s,78	−0s,45	59°58′43″,5	+6″,4
2	Leyde 702	8,0	1.48.15,42	−0,44	58.30.26,8	+6,6
3	½(Leyde 656 + Paris 2181)	8,7	1.41.23,22	−0,39	57. 7.47,5	+7,0
4	Leyde 746	8,8	1.54.29,92	−0,44	55.47. 1,4	+7,0

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1909.	Ascension droite.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire.	Log. fact. parallaxe.
Juin 16	1h41m54s,06	$\bar{1},682_n$	60°1′42″,1	$0,777_n$
17	1.44.43,15	$\bar{1},695_n$	58.34.21,6	$0,751_n$
18	1.47.33,39	$\bar{1},702_n$	57.10. 2,5	$0,747_n$
Juin 19	1.50.25,10	$\bar{1},699_n$	55.49. 2,8	$0,774_n$

Remarques. — Juin 16. La comète est à peu près ronde, avec un diamètre de 1′,5 environ. Elle présente une sorte de noyau écrasé, de l'éclat d'une étoile de gr. 11 à 12.

Juin 17. La comète semble avoir augmenté comme dimension. Le noyau est moins net qu'hier, il semble plus écrasé; la nébulosité qui entoure le noyau paraît plus intense. Légère brume.

Juin 18. L'éclat et la dimension de la comète restent les mêmes; par contre le noyau devient de plus en plus diffus, écrasé, ainsi que la nébulosité qui l'enveloppe.

Juin 19. La comète présente le même aspect qu'hier. Ciel très beau.

ASTRONOMIE. — *Observations à l'Observatoire de Marseille de la comète* 1909 *a* (Borrelly). Note de M. **Henry Bourget**, présentée par M. B. Baillaud.

Le 14 juin au matin, M. Borrelly a découvert une nouvelle comète. Les nuages ont interrompu son observation et il a eu tout juste le temps d'obtenir les lectures de calage de ce nouvel astre. Le 15, le ciel est resté couvert; mais le 16, M. Borrelly a pu confirmer sa découverte et l'annoncer le 17 au matin. La comète marche rapidement vers le Nord-Est.

M. Coggia a obtenu à l'équatorial Eichens l'observation suivante :

Comète.

Date. 1909.	Temps moyen de Marseille.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. pol. apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s			
Juin 17....	14.30.59,8	1.44.51,16	$\bar{1},699_n$	58°.30'.34",2	$0,674_n$

Position de l'étoile de comparaison.

Grandeur.	Asc. droite moyenne 1909,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne 1909,0.	Réduction au jour.	Autorité.
	h m s	s			
9,5	1.41.1,28	−0,40	58°.33'.41",8	+ 6",8	653 Leyde.

La comète a l'aspect d'une nébulosité ronde, plus brillante vers le centre, mais sans noyau bien net.

M. Borrelly, au chercheur de comètes, a fait les observations qui suivent :

Comète.

Dates. 1909.	Temps moyen de Marseille.	Comète — Étoile.		Nombre de comp.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. pol. apparente.	Log. fact. parallaxe.	⋆
	h m s	m s	' "		h m s				
Juin 16.	13.56.54	+0.31,30	−17.24,0	6.6	1.41.59,72	$\bar{1},698_n$	59°.58'.21",3	$0,703_n$	*a*
18.	13.47.59	−0. 7,07	−12.21,6	5.5	1.47.35,35	$\bar{1},713_n$	57. 8.21,9	$0,692_n$	*b*
18.	14.38.41	−0. 0,36	+ 9.17,8	5.5	1.47.42,05	$\bar{1},708_n$	57. 5.18,1	$0,658_n$	*b*

Étoile de comparaison.

⋆	Grandeur.	Asc. droite moyenne 1909,0.	Réduction au jour.	Dist. pol. moyenne 1909,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s			
a	8,7	1.41.28,84	−0,42	60°.15'.38",9	+6",4	969 Cambridge (Angl.).
b	9,4	1.47.42,84	−0,42	56.55.53,4	+6,9	335 Bonn. Sternverz.
b	9,4	1.47.42,84	−0,42	56.55.53,4	+6,9	»

La position, au moment de la découverte, le 14 juin, à 14^h30^m, temps moyen de Marseille, était Æ = $1^h37^m1^s$ et D. P. = 63°4′.

Elle apparaissait comme une étoile de grandeur 10,5, à noyau à peine perceptible, entouré d'une nébulosité régulièrement ronde.

Le 16 juin, elle présentait l'aspect du 14, et le 18 juin elle semblait un peu plus faible, avec un noyau un peu visible.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète 1909 a (Borrelly-Daniel) faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Observations de la comète.

Dates. 1909.	Étoiles.	Temps moyen de Besançon.	Δα.	ΔP.	Nombre de compar.
		h m s	m s	′ ″	
Juin 17...........	*a*	13.19.12	+2.28,63	+11.26,1	9:6
Juin 17...........	*a*	13.55.33	+2.33,01	+ 9.20,9	9:6
Juin 19...........	*b*	13.38.41	+2. 7,58	−10.32,6	9:6
Juin 19...........	*b*	14. 4.45	+2.10,36	−11.58,8	9:6

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1909,0.

★	Catalogue.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
		h m s	s	° ′ ″	″
a	AG Leiden, 663	1.42.13,62	−0,41	58.23.17,3	+6,8
b	» 704	1.48.23,55	−0,40	55.57. 5,6	+7,1

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1909.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s		° ′ ″	
Juin 17........	1.44.41,84	$9,665_n$	58.34.50,2	$0,786_n$
Juin 17........	1.44.46,22	$9,673_n$	58.32.45,0	$0,748_n$
Juin 19........	1.50.30,73	$9,684_n$	55.46.40,1	$0,752_n$
Juin 19........	1.50.33,51	$9,686_n$	55.45.13,9	$0,722_n$

Remarques. — La comète, de 11e à 12e grandeur, a une chevelure ronde, étalée, indécise, de 1′,5 de diamètre. Par vision oblique, une vague condensation se voit vers le centre. La deuxième observation du 19 juin est faite dans les lueurs croissantes de l'aurore; aussi la comète est à la limite de visibilité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une question de minimum.* Note de M. S. SANIELEVICI, présentée par M. Émile Picard.

Posons

$$J_0 = \int_a^b \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 dx, \qquad J_1 = \int_a^b A(x)\, y^2\, dx,$$

$A(x)$ étant une fonction continue et positive dans l'intervalle ab, et y une fonction continue ainsi que ses *trois* premières dérivées dans le même intervalle. Il s'agit de chercher la fonction qui rend minima l'intégrale définie J_0 tout en satisfaisant aux conditions

$$(E) \qquad J_1 = 1 \qquad \begin{cases} y = 0 \\ \dfrac{dy}{dx} = 0 \end{cases} \quad \text{pour} \quad x = a \quad \text{et pour} \quad x = b.$$

La règle bien connue d'Euler conduit à l'équation

$$(1) \qquad \frac{d^4y}{dx^4} = \lambda A(x) y,$$

dont il faut trouver une intégrale vérifiant les conditions (E).

MM. Davidoglou (*Annales de l'École Normale*, 1905) et Al. Myller (*Göttingen*, 1906), dans leurs Thèses, ont traité ce problème, le premier par la méthode si féconde des approximations successives de M. Picard, et le dernier par la théorie des équations intégrales; ils ont démontré l'existence d'une infinité de valeurs singulières positives du paramètre λ, auxquelles correspondent des intégrales satisfaisant aux conditions (E).

Soient λ_1 la plus petite de ces valeurs, y_1 l'intégrale correspondante. Cette fonction réalise-t-elle le minimum de J_0? L'analogie de ce qui se passe pour l'équation du second ordre (voir É. PICARD, *Analyse*, t. III, p. 111) nous porterait à répondre par l'affirmative. Or, la question est ici de beaucoup plus délicate.

En effet l'intégration de (1) moyennant les conditions

$$(F) \quad \begin{cases} y = 0 \\ \dfrac{dy}{dx} = 0 \end{cases} \quad \text{pour} \quad x = a \quad \text{et} \quad \begin{cases} y = 0 \\ \dfrac{d^2y}{dx^2} = 0 \end{cases} \quad \text{pour} \quad x = \xi \quad (a < \xi < b)$$

conduit encore, comme l'a montré M. Myller, à une infinité de valeurs singulières positives de λ. Soit μ_1 la plus petite de ces valeurs et supposons, *ce qui peut arriver*, $\mu_1 < \lambda_1$. Soit z_1 l'intégrale vérifiant les conditions (F) et

en outre

$$\int_a^\xi A(x) z_1^2 \, dx = 1.$$

Dès lors, si l'on définit une fonction y de la manière suivante :

$$y = z_1 \quad \text{pour} \quad a \leqq x \leqq \xi,$$
$$y = 0 \quad \text{pour} \quad \xi < x \leqq b,$$

cette fonction, substituée dans J_0 et J_1, donne

$$J_0 = \mu_1 < \lambda_1, \qquad J_1 = 1.$$

A la vérité, cette fonction a ses dérivées *première* et *troisième* discontinues pour $x = \xi$; mais je n'ai pas à m'arrêter à cette objection, à laquelle la réponse est connue.

Comme exemple, supposons $A(x) = 1$, $a = 0$, $b = 1$ et remplaçons λ par λ^4. On aura

$$y_1 = \frac{\operatorname{Ch} \lambda_1 \left(x - \frac{1}{2}\right)}{\operatorname{Ch} \frac{\lambda_1}{2}} - \frac{\cos \lambda_1 \left(x - \frac{1}{2}\right)}{\cos \frac{\lambda_1}{2}} \qquad \begin{pmatrix} \operatorname{Ch} \equiv \text{cos hyp.} \\ \operatorname{Sh} \equiv \text{sin hyp.} \end{pmatrix},$$

$$z_1 = \frac{\operatorname{Sh} \mu_1 (x - \xi)}{\xi \operatorname{Sh} \mu_1 \xi} - \frac{\sin \mu_1 (x - \xi)}{\xi \sin \mu_1 \xi}, \qquad \mu_1 \xi = \nu_1$$

λ_1 étant la plus petite racine positive de l'équation

$$\operatorname{Ch} \lambda \cos \lambda = 1,$$

que l'on écrit encore

$$\operatorname{Sh}^2 \frac{\lambda}{2} \cos^2 \frac{\lambda}{2} - \operatorname{Ch}^2 \frac{\lambda}{2} \sin^2 \frac{\lambda}{2} = 0,$$

et ν_1 la plus petite racine positive de

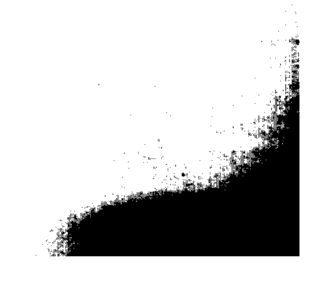
$$\sin \nu \operatorname{Ch} \nu - \cos \nu \operatorname{Sh} \nu = 0.$$

Or, comme l'on a

$$\lambda_1 > \frac{3\pi}{2}, \qquad \nu_1 < \frac{5\pi}{4},$$

il suffit de prendre $\frac{5}{6} < \xi < 1$ pour avoir $\mu_1 < \lambda_1$.

En faisant tendre ξ vers 1, μ_1 diminue et tend vers ν_1. La *limite inférieure* de J_0 est donc ν_1^4 ; mais cette limite *n'est pas atteinte,* puisque à cette valeur il ne correspond aucune intégrale de (1) satisfaisant aux conditions (E).



ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Dirichlet.* Note de M. Marcel Riesz, présentée par M. Émile Picard.

1° Nous allons montrer, dans les lignes suivantes, comme il est utile d'appliquer certaines méthodes de sommation aux séries de Dirichlet. D'abord nous énoncerons les théorèmes suivants :

I. *La série de Dirichlet* $f(s)=\sum a_n n^{-s}$ *étant sommable par les moyennes arithmétiques d'ordre* k ($k=1, 2, 3, \ldots$) *en un point* s_0 *est uniformément sommable par les moyennes d'ordre* $k-1$ *sur toute portion finie de la droite* $R(s)=R(s_0)+1$, $R(s)$ *désignant la partie réelle de s. Il en résulte que la sommabilité est uniforme dans toute bande définie par les inégalités*

$$R(s) \geqq R(s_0)+1, \qquad |t| < T,$$

t désignant la partie imaginaire de $s=\sigma+it$ *et* T *désignant un nombre positif quelconque* (¹).

L'intérêt des résultats de ce genre est bien mis en évidence par le théorème qui suit et qui se démontre aisément :

II. *La série* $f(s)=\sum a_n n^{-s}$ *étant sommable d'ordre* k ($k=0, 1, 2, \ldots$) *en un point* s_0 *et* ε *désignant un nombre positif quelconque, on a, dans le domaine*

$$R(s) \geqq R(s_0)+\varepsilon,$$

l'égalité

$$\lim_{|s|=\infty} \frac{f(s)}{|s|^{k+1}} = 0,$$

et cela uniformément avec $|s|$.

Si l'on introduit les moyennes arithmétiques d'ordre non entier, on peut démontrer de même qu'en agrandissant l'abscisse de s d'une quantité positive, l'ordre de sommation pourra être abaissé de la même quantité. L'existence d'une droite de sommabilité ainsi qu'une formule correspondant à celle de M. Cahen pour l'abscisse de convergence s'établissent d'une manière très simple. La formule explicite se trouve (pour k entier) dans la Note citée de M. Bohr.

La généralisation du théorème II, pour k non entier, me paraît très probable, mais je n'ai pas encore surmonté toutes les difficultés de la démonstration.

(¹) Dans ce théorème que je possède depuis environ une année je me suis rencontré avec M. Bohr qui a publié ses résultats dans une Note très intéressante insérée dans ces *Comptes rendus*, le 11 janvier 1909. Il conclut, de la sommabilité d'ordre k pour des valeurs telles que $R(s)>\sigma_0$, la sommabilité d'ordre $k-1$ pour des valeurs telles que $R(s)>\sigma_0+1$. Notre énoncé comprend celui de M. Bohr.

2° Dans un autre ordre d'idées j'ai démontré les théorèmes suivants :

III. *Lorsque la fonction définie dans une portion du plan par la série convergente* $f(s) = \Sigma a_n n^{-s}$ *est régulière* (¹) *aux points du demi-plan*

$$R(s) \geqq c,$$

et y satisfait à la condition

$$\lim_{|s|=\infty} \frac{f(s)}{|s|^k} = 0, \tag{1}$$

uniformément avec $|s|$, *la série* $\Sigma a_n n^{-s}$ *est sommable par les moyennes arithmétiques d'ordre* k' (k' *désignant un nombre quelconque* $> k$) *en tout point de la droite* $R(s) = c$ *et du demi-plan* $R(s) > c$. *La sommabilité est uniforme en toute bande du domaine* $R(s) \geqq c$ *qui est parallèle à l'axe réel.*

IV. *La droite* $R(s) = c$ *contenant des pôles ou des points critiques algébriques et, parmi ceux-ci, certains d'un ordre d'infinitude* $\geqq 1$, *aussi que la condition* (1) *étant remplie pour un certain nombre* k, *la série n'est sommable par aucune moyenne arithmétique en aucun point de la droite.*

La démonstration de ces deux théorèmes se fonde sur une application convenable de la formule de Cahen établie en toute rigueur par MM. Hadamard et Perron (par le dernier même pour des séries qui ne possèdent pas de domaine de convergence absolue).

On voit du théorème IV qu'en particulier *la série de Dirichlet qui représente la fonction* Z (s) *n'est pas sommable* (²) *par aucune moyenne arithmé-*

(¹) Le théorème subsiste pour les points réguliers de la droite $R(s) = c$ si l'on admet sur elle des points singuliers (en nombre fini) au voisinage desquels $|f(s)|$ est intégrable. En effet, tout revient à la question si l'intégrale

$$\int_{T_1}^{T_2} f(c+ti)\, e^{\omega t i}\, dt$$

tend ou non vers zéro avec $\frac{1}{\omega}$ ($c + T_1 i$ et $c + T_2 i$ étant deux points qui entourent le point singulier). On voit de cette remarque que même des singularités de la forme $\frac{1}{z \log z}$ peuvent être admises. Il en résulte de plus que, dans le théorème IV qui suit, on peut donner des singularités d'une nature beaucoup plus générale que celles que j'y caractérise, détruisant la sommabilité de la même manière que celles-ci. Je me réserve de revenir sur ces questions dans un travail plus détaillé.

(²) Je viens de constater que ceci résulte aussi, d'une manière très simple, d'une formule due à M. Kinkelin.

tique en aucun point de la droite $R(s) = 1$. Avant que j'eusse trouvé mon théorème IV, M. Féjer me communiqua que, dans ce cas particulier intéressant, ses calculs sur la valeur asymptotique de certaines suites lui avaient indiqué le résultat négatif ci-dessus. Notre théorème nous montre que de même *les séries qui représentent les fonctions* $[Z(s)]^\lambda$ *à un exposant* > 1 *ne sont sommables par aucune moyenne arithmétique sur la droite* $R(s) = 1$.

Par contre, *les séries de Dirichlet qui représentent les fonctions* $[Z(s)]^\lambda$, λ *désignant un nombre réel* < 1, *sont convergentes sur toute la droite* $R(s) = 1$ (*sauf le point* $s = 1$ *pour* $\lambda > 0$).

Ce théorème se démontre par le théorème plus général qui suit :

Supposons qu'il existe pour la fonction $f(s)$ *représentée dans une certaine portion du plan par la série convergente* $\sum a_n n^{-s}$ *un nombre* k *tel que*

$$|f(s)| < c|s|^k$$

pour

$$R(s) \geqq 1,$$

et des $|s|$ *assez grands. Nous supposons, en outre, que la fonction est régulière dans ce domaine, sauf tout au plus en des points isolés de la droite* $R(s) = 1$, *dans le voisinage desquels* $[f(s)]$ *est intégrable et, de plus, qu'on a*

$$\lim_{n=\infty} \frac{a_1 + a_2 + \ldots + a_n}{n} = 0.$$

Dans ces conditions la série converge en tout point régulier (¹) *de la droite* $R(s) = 1$.

Par une petite généralisation d'un théorème de M. Landau (²), nous voyons très nettement que les fonctions $[Z(s)]^\lambda$ ($\lambda < 1$) sont de l'espèce ci-dessus.

Dans une Note prochaine nous introduirons une méthode générale nouvelle applicable à des séries de la forme générale $\sum a_n e^{-\lambda_n s}$ qui se prête heureusement à sommer les séries de $Z(s)$ et de ses puissances et qui fournira des résultats utiles sur le produit de deux séries de Dirichlet.

(¹) La convergence subsiste pour une grande classe des points singuliers.

(²) E. LANDAU, *Beiträge zur analytischen Zahlentheorie* (*Rendiconti del Circolo mat. di Palermo*, t. XXVI, p. 228).

AVIATION. — *Le vol ramé et les formes de l'aile.* Note (¹) de M. L. Thouveny.

Sauf peut-être dans quelques cas spéciaux, la marge postérieure de l'aile n'est pas surélevée pendant l'abaissement, et, en réalité, la propulsion est due aux trois causes suivantes : 1° La normale ON à la vitesse U s'incline à mesure que W augmente; en raison de la *courbure* SMS', on a $\alpha < a$, et F, suivant ON, dépasse ON_0, normale à V, et produit Π; le profil $a'b'c'\ldots$ du fouet se creuse suivant $a''b''c''\ldots$, ce qui augmente Π. 2° En réalité, SMS' pivote plus ou moins par *torsion*. 3° L'air projeté latéralement par la force centrifuge (rotation de l'aile) est, par suite de la courbure ABC, ramené en arrière et produit une réaction motrice, assurée, malgré la translation V, par la forme en lame de faux pour les rameurs rapides. Les *qualités propulsives* sont donc : la concavité et la souplesse (d'ensemble et du fouet), lesquelles se suppléent et, par suite, *varient presque toujours en sens inverses;* la courbure ABC; et aussi l'étendue du fouet, amortisseur de la vitesse du bras. Les *qualités de soutien* sont celles d'un aéroplane : grande surface; faible concavité permettant V rapide; prédominance du bras sur le fouet, que son bord mince expose aux dépressions.

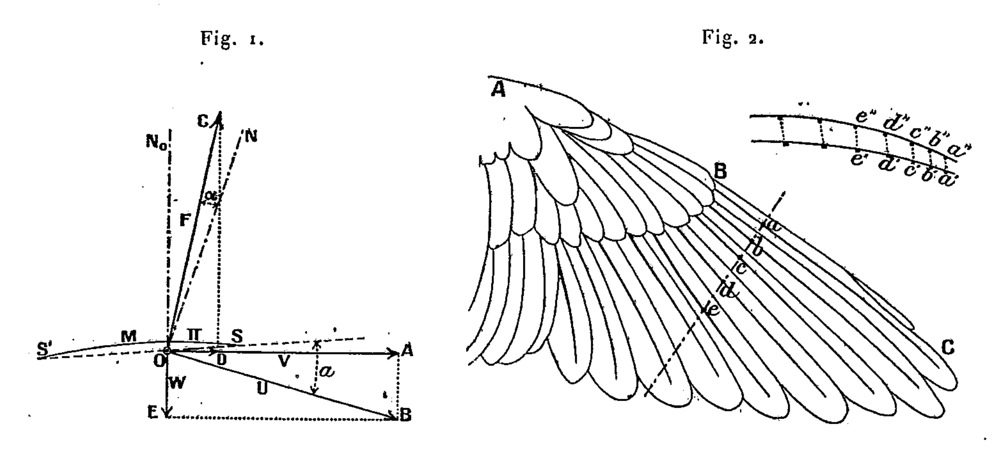


Fig. 1. Fig. 2.

Il y a donc contradiction entre les qualités des deux ordres et l'un d'eux doit être plus ou moins sacrifié à l'autre. Chez les rameurs utilisant peu le vent, les qualités propulsives dominent, sauf la souplesse, incompatible avec les

(¹) Reçue dans la séance du 5 avril 1909.

efforts très énergiques. Le départ instantané, nécessaire pour la sécurité des petits passereaux, est assuré par une courbure excessive, imposant, par suite, le *vol plié*; l'aéroplane s'améliore chez les oiseaux plus lourds; chez ceux qui n'ont pas d'efforts spéciaux à produire, il y a équilibre des deux groupes de qualités et vol régulier (pigeon). Une voilure restreinte favorise le départ rapide par l'accroissement de W (perdrix). L'hirondelle, la frégate, etc., rameurs rapides et précis, peuvent, pour leurs vols prolongés, utiliser le vent en planant, ou en ramant, suivant une Communication précédente : *Principes du vol à voile* (*Comptes rendus*, 28 décembre 1908), grâce à leur fouet très-étendu et plat, mais se creusant pendant l'abaissement. L'aile voilière est plate, Π étant obtenu surtout par la souplesse, qui amortit en outre l'effet des petits remous, etc.; le fouet est réduit au profit du bras; l'aile, qui pour les voiliers océaniques peut être longue (chocs peu dangereux à l'essor), est plus limitée chez les voiliers terrestres, d'où l'épanouissement de l'extrémité. Les échancrures des rémiges voilières leur permettent de produire Π (profil courbe et torsion) et accélèrent les battements d'essor.

MÉCANIQUE. — *Méthode d'expériences pour recherches aérodynamiques.* Note (¹) de M. **A. Rateau**, présentée par M. Painlevé.

Le dispositif expérimental que je préconise (²) consiste à mettre les surfaces, corps, modèles ou hélices à étudier dans un courant très homogène obtenu en faisant sortir par une buse convergente, de largeur suffisamment grande, de l'air soufflé par un ventilateur. En prenant certaines précautions, le courant est parfaitement régulier et les vitesses d'écoulement toutes égales et parallèles dans toute l'étendue de la section transversale du courant, sauf tout près des bords. Le corps à étudier étant fixe, il est facile de faire sur lui les mesures avec beaucoup de précision, et en peu de temps on recueille toute une série de chiffres. Comme le corps est placé à une petite distance en avant de la buse, les filets d'air s'infléchissent sous son influence librement; ils ne sont pas gênés dans leur épanouissement latéral, contrairement à ce

---

(¹) Présentée dans la séance du 17 mai 1909.

(²) L'année dernière j'avais indiqué la méthode et prêté un ventilateur d'essais à des constructeurs d'aéroplanes qui ont pu faire quelques séries d'expériences; mais l'appareil n'était pas encore complètement au point pour donner la précision désirable.

qui a lieu dans la méthode dite *du tunnel*, qui consiste, on le sait, à placer le corps à étudier dans un tube où l'on produit un courant d'air à l'aide d'un ventilateur.

Cette méthode est plus précise, plus pratique et d'une application beaucoup moins coûteuse que toutes celles qui se basent sur le déplacement des corps dans l'air calme.

Nous nous proposons de l'appliquer non seulement aux plans minces, mais aux hélices de propulsion. Dans cette Note, je ferai connaître les résultats obtenus sur la variation du centre des poussées.

Les résultats obtenus démontrent nettement qu'il y a deux modes d'action, deux régimes d'écoulement très différents l'un de l'autre.

L'expérience a été faite d'abord avec une plaque plane rectangulaire en tôle mince de $500^{mm} \times 300^{mm}$, exposée au courant d'air homogène, de façon que les grands côtés soient parallèles au plan d'orifice de sortie de la buse lançant le courant d'air. A chacun de ces deux côtés, la plaque était pincée, par des vis de pression, dans une petite pièce cylindrique formant tourillon dans un trou d'un montant vertical fixe, de telle manière que cette plaque pouvait librement tourner autour d'un axe horizontal parallèle à ses grands côtés. On balançait le poids de la plaque au moyen de poids suspendus aux extrémités de fils de laiton attachés en des points du bord antérieur.

Les choses étant ainsi préparées, on soufflait l'air sur la plaque et, sous l'action du courant, elle prenait une certaine position d'équilibre défini par son angle i avec la direction des filets d'air, en amont, soit en dessus, soit en dessous de l'horizontale. L'inclinaison i dépend de la distance d de l'axe au bord antérieur.

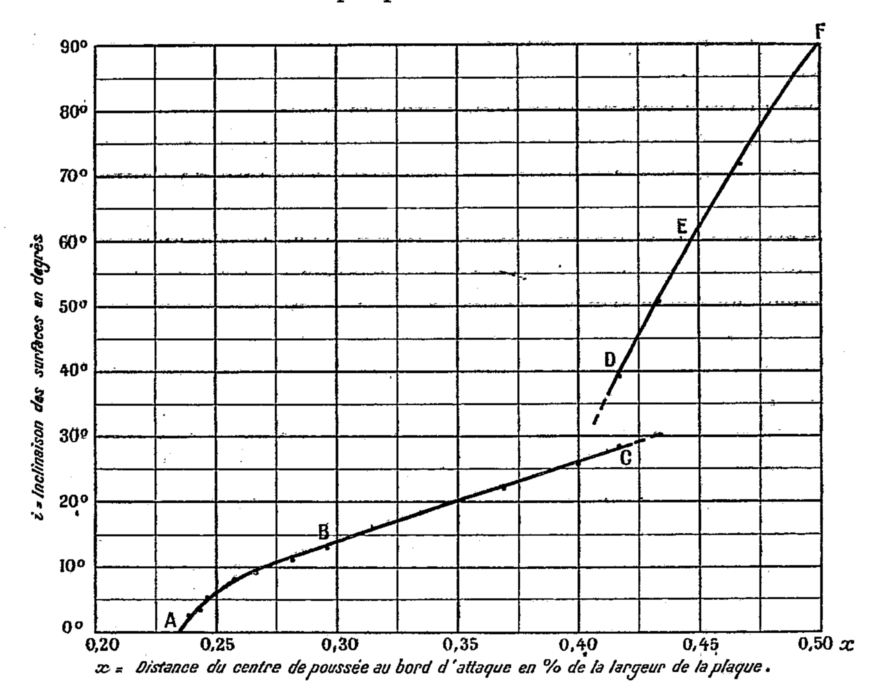
En mesurant cette inclinaison pour les deux positions symétriques, on élimine diverses causes d'erreurs, notamment un léger infléchissement par rapport à l'horizontale des filets d'air sortant de notre buse.

Le graphique ci-après traduit les résultats obtenus.

En abscisse est portée la distance x de l'axe de rotation, c'est-à-dire celle du centre de poussée, au bord antérieur par rapport à la largeur totale de la plaque; en ordonnée, l'angle d'inclinaison i. Nous avons vérifié d'ailleurs que cet angle ne variait pas sensiblement avec la grandeur de la vitesse de l'air, et cela jusqu'à un peu plus de 30^m par seconde.

D'après ce graphique, on voit que, pour de petites inclinaisons, l'abscisse du centre de poussée tend vers la valeur 0,236; à mesure que l'angle augmente, le centre recule, d'abord lentement, puis plus rapidement. On savait cela depuis longtemps, mais ce qui est, je crois, entièrement nouveau, c'est que la courbe se subdivise en deux tronçons complètement distincts l'un de l'autre. Le premier, ABC, relatif aux petits angles, correspond à un régime d'écoulement dans lequel les filets vont tous dans le même sens; c'est

le seul régime à considérer pour la sustentation des aéroplanes. Le deuxième, DEF, relatif aux grands angles, correspond évidemment à un régime très différent du premier et analogue à celui qui a lieu dans le cas où la plaque est exactement normale à la direction générale du courant; dans ce dernier régime, il y a rebroussement d'une certaine quantité de filets d'air au bord antérieur de la plaque.



Dans la région avoisinant les extrémités C et D des courbes, les régimes sont instables; ils passent facilement de l'un à l'autre.

Pour chaque position de l'axe, il n'y a qu'un seul angle i d'équilibre, excepté cependant dans le voisinage de $X = 0,416$ où il y a deux valeurs de i, les deux régimes étant alors possibles; j'ai effectivement obtenu deux positions d'équilibre bien distinctes avec $X = 0,416$. Chose singulière, il n'y a pas d'angle d'équilibre possible entre 29° et 36°. Avec de tels angles d'inclinaison, un plan sustentateur, analogue à notre plaque, ne peut pas donner lieu à un état de régime stable.

Ces premiers résultats montrent déjà que la continuité que, jusqu'à présent, on a supposée dans ces phénomènes lorsque les inclinaisons croissent de 0° à 90°, est complètement erronée.

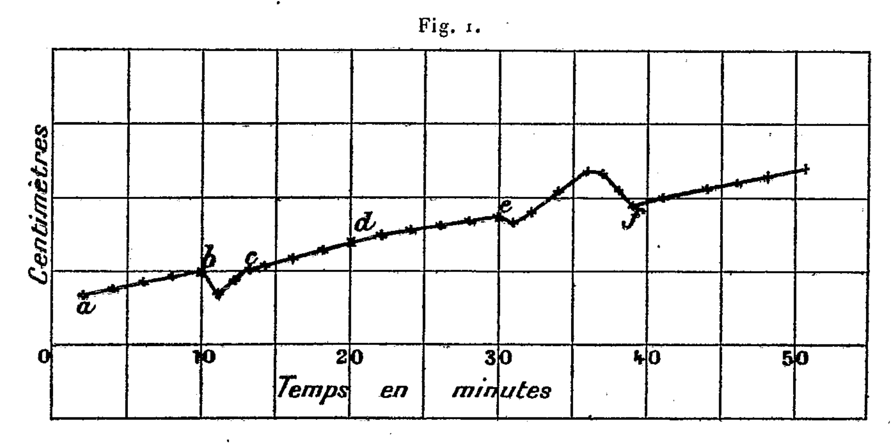
RADIOACTIVITÉ. — *La chaleur du polonium.* Note de M. **William Duane**, transmise par M. Lippmann.

Dans une Note précédente [1] j'ai décrit une méthode très sensible pour mesurer de petites quantités de chaleur.

L'appareil est représenté sur la figure (p. 1449). En introduisant la source de chaleur S dans le tube D, on augmente la tension de vapeur du liquide dans le récipient A, et la petite bulle d'air B se déplace vers le récipient A'. Le déplacement de la bulle indique la quantité de chaleur dégagée, mais en général il est préférable d'absorber la chaleur par un courant électrique passant dans le couple fer-nickel P (effet Peltier) en même temps qu'elle est produite. L'intensité du courant qui compense le dégagement de chaleur mesure la quantité de chaleur produite par seconde par la source.

J'ai employé cette méthode pour mesurer le dégagement de chaleur d'un sel contenant du polonium exempt de radium (voir la Note précédente). La courbe de la figure 1

Fig. 1.



représente le déplacement de l'image de la bulle formée sur une échelle par une lentille. L'appareil est bien protégé contre les variations de température extérieure, mais cependant il est si sensible que la petite bulle ne reste pas à la même place. Toutefois, si l'appareil est resté tranquille plusieurs heures, afin que la température puisse s'équilibrer, le déplacement de la bulle est lent et régulier. La ligne droite *ab* représente ce mouvement propre de la bulle.

Le sel de polonium (pesant $0^g,2$) est descendu en S dans le tube D au moment représenté par *b*. Il se produit immédiatement un déplacement de la bulle dû au frottement et à une petite différence de température entre le sel

[1] *Comptes rendus*, 1er juin 1909, p. 1448.

et le récipient A. Le sel était resté longtemps dans le tube D au-dessus du récipient, mais néanmoins il était un peu plus froid que ce récipient. Bientôt la chaleur dégagée par le sel ramène la bulle à sa place et, au moment représenté par *c*, le circuit est fermé et un courant de 0,00133 ampère traverse le couple P. Ce courant n'est pas suffisant pour absorber toute la chaleur produite par le polonium, et à l'instant *d* il est augmenté jusqu'à 0,00143 ampère. On voit que cette intensité du courant compense le dégagement de chaleur, puisque pendant le temps qui s'écoule de *d* à *e* le courant reste constant et la bulle se déplace avec à peu près la même vitesse qu'auparavant. Au moment *e*, le polonium est retiré et le courant arrêté. Immédiatement après l'enlèvement du sel, un petit déplacement de la bulle se produit, mais ce déplacement est annulé en absorbant de la chaleur par un courant électrique, et à partir de *f* l'intensité du courant est nulle, et la bulle se déplace avec la même vitesse qu'au commencement : ce qui indique que le mouvement propre de la bulle est resté constant pendant l'expérience.

L'étalonnage du couple (voir la Note précédente) a montré que 8,2 grammes-calories de chaleur sont absorbés par heure et par ampère. Il en résulte que le sel de polonium dégage $0^{cal},0117$ par heure.

Il est très important de savoir si la chaleur dégagée par un corps radioactif est équivalente à l'énergie des rayons du corps. On peut obtenir des renseignements importants sur cette question en comparant la chaleur dégagée par le polonium avec celle dégagée par le radium privé de l'émanation et de l'activité induite. Le polonium et le radium ne donnent que des rayons α, et les parcours des rayons sont à peu près égaux ($38^{mm},6$ et 35^{mm}). On ne connaît pas le poids de polonium dans le sel que j'ai employé, mais on peut comparer l'ionisation produite par ce sel avec l'ionisation produite par une quantité déterminée de radium dans les mêmes conditions, et l'on peut chercher si le dégagement de chaleur est proportionnel à l'ionisation dans les deux cas.

J'ai fait ces mesures d'ionisation avant de préparer le polonium pour les mesures de chaleur.

Pour avoir une bonne comparaison, il faut que le sel soit en couche mince, afin que les rayons α ne soient pas absorbés par le sel lui-même. Il est nécessaire aussi que les courants d'ionisation soient facilement saturés. Pour remplir ces conditions, on est obligé de mesurer des courants dus à une faible activité, et j'ai choisi la méthode qui suit :

Le sel de polonium est dissous dans l'acide chlorhydrique, et de l'eau est ajoutée.

La dissolution pèse alors 65g,19. Quelques gouttes (pesant 0g,0338) de cette dissolution sont placées sur une lame de platine et évaporées à sec. Le sel couvre, en couche mince, à peu près 5^{cm^2} de la lame. Pour mesurer l'ionisation, la lame est placée dans un récipient assez large pour que tous les rayons α soient absorbés dans l'air et produisent leur ionisation maximum.

Le courant de saturation dans ce récipient, mesuré au moyen d'un quartz piézo-électrique, est $6,94 \times 10^{-11}$ ampère. En multipliant ce courant par le rapport entre le poids 65g,19 de la dissolution et le poids 0g,0338 des gouttes placées sur la lame, on obtient le courant d'ionisation dû à tout le polonium dans la dissolution. Ce courant est $1,34 \times 10^{-7}$ ampère.

Une deuxième lame de platine sur laquelle est déposé 0g,0663 de la solution donne la même valeur pour le courant d'ionisation de tout le polonium. Une troisième lame avec un poids de sel quatre fois plus grand donne une valeur un peu moindre que les autres; mais dans ce cas une quantité appréciable des rayons α est absorbée dans le sel lui-même.

Après ces expériences, la grande solution est évaporée à sec, le sel de polonium est recueilli et placé dans une petite ampoule pour les expériences de chaleur.

Pour déterminer si de l'activité reste dans la capsule ou sur les instruments employés pour enlever le sel, je les lave bien à l'acide chlorhydrique et je répète les expériences avec une nouvelle lame de platine, etc. Cette expérience indique que 3 pour 100 de l'activité est resté dans la capsule. Il en résulte que, si tout le polonium employé pour les expériences de chaleur était en couche mince, il produirait un courant d'ionisation de $1,30 \times 10^{-7}$ ampère.

Rutherford (¹) a trouvé que $0^{mg},484$ de bromure de radium, privé de l'émanation et de l'activité induite, et déposé en couche mince sur une lame de platine, donne un courant d'ionisation de $8,4 \times 10^{-8}$ ampère. Il suit de là que le polonium que j'ai employé pour la chaleur produit la même ionisation que $0^{mg},749$ de bromure de radium. Cette quantité de radium dégage $0^{cal},011$ par heure, valeur qui est très voisine de celle ($0^{cal},0117$) que j'ai trouvée pour le polonium. Il en résulte que le polonium et le radium en quantités qui donnent les mêmes courants d'ionisation dégagent à peu près les mêmes quantités de chaleur.

Ce fait est favorable à l'hypothèse que la chaleur dégagée par ces corps est due à l'énergie cinétique des rayons α.

(¹) *Radioactivity*, 1905, p. 434.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'ionisation de l'air par les canalisations électriques à haute tension.* Note de M. L. **Houllevigue**, présentée par M. J. Violle.

Un orage à grêle, dont la direction a coïncidé avec celle d'une canalisation électrique à haute tension, a appelé l'attention des physiciens sur le rôle joué en Météorologie par les lignes d'énergie électrique (¹). Parmi les diverses théories mises en avant à ce propos, la seule qui ait été clairement exposée consiste à admettre que les lignes à haute tension émettent, comme un des peignes d'une machine de Holtz, « des torrents d'ions qui s'élèvent en entraînant des charges électriques énormes ». Je me suis proposé de soumettre cette hypothèse au contrôle de l'expérience.

J'ai fait usage, à cet effet, de l'appareil de MM. Chéneveau et Laborde, constitué par un électroscope bien isolé, relié à un condensateur cylindrique dans lequel on fait pénétrer, à l'aide d'une pompe aspirante, l'air à examiner. Si l'opération est assez lente pour que la totalité des ions soit précipitée sur les armatures, on pourra, d'après la quantité d'électricité recueillie, évaluer le nombre des ions contenus dans le volume d'air étudié. Désignons par C la capacité du système formé par le condensateur et l'électroscope, par v la variation de potentiel correspondant à une division du micromètre sur lequel on lit les déplacements de la feuille d'aluminium, par n la chute de cette feuille d'aluminium (en divisions du micromètre par minute), par n_0 la déperdition spontanée de l'électroscope et par V^{cm^3} le volume d'air admis par minute, enfin par q la charge d'un ion. Le nombre d'ions contenus par centimètre cube dans l'air étudié est

$$N = \frac{Cv(n - n_0)}{qV}.$$

D'après les constantes de l'appareil employé, et en prenant $q = 3,4 \times 10^{-10}$ unité électrostatique, cette formule donne

$$N = 5,9 \times 10^7 \frac{n - n_0}{V}.$$

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 375 et 1371. — *Bulletin de la Société astronomique de France*, novembre 1908.

Cette méthode serait d'une sensibilité insuffisante pour les mesures de laboratoire, mais la commodité de son emploi la recommande pour les recherches qui font l'objet de cette Note. Voici quelques exemples des résultats qu'elle donne :

1° Air capté à 3^{cm} de l'étincelle d'une bobine de Ruhmkorff. Charge + de l'électroscope :

$$n = 22, \quad n_0 = 1,6, \quad V = 4300,$$

d'où

$$N = 2,8 \times 10^5$$

pour les ions négatifs.

2° Air capté au même point que ci-dessus à l'aide d'un tube de caoutchouc long de 5^m. Charge + de l'électroscope :

$$n = 6,1, \quad n_0 = 1,8, \quad V = 5800,$$

d'où

$$N = 0,44 \times 10^5 \text{(ions —)}.$$

3° Air capté sur les allées de Meilhan, à Marseille.

Charge + de l'électroscope :

$$n = 2,4, \quad n_0 = 1,2, \quad N = 0,16 \times 10^5 \text{(ions —)};$$

Charge — de l'électroscope :

$$n = 2,7, \quad n_0 = 1,2, \quad N = 0,20 \times 10^5 \text{(ions +)}.$$

C'est avec ce dispositif et par cette méthode que j'ai procédé à des mesures dans le voisinage de la canalisation qui transporte le courant triphasé engendré à la Brillanne-Villeneuve (Basses-Alpes) jusqu'à Allauch (Bouches-du-Rhône), où la tension est abaissée de 50000 à 13000 volts.

Des expériences préliminaires, effectuées à l'air libre, au-dessous et à 10^m environ des fils à haute tension, puis à 200^m de la ligne, n'avaient révélé aucun effet appréciable. Aussi ai-je cru nécessaire d'opérer dans le poste transformateur d'Allauch, à l'abri du vent et beaucoup plus près des fils. Les premières déterminations ont été faites dans la tourelle d'arrivée des fils à haute tension, chambre étroite et presque entièrement close, où la présence des parafoudres détermine d'incessantes décharges et où l'odeur d'ozone est sensible. Les mesures ont été continuées dans la grande salle des interrupteurs, tout près du couteau amont du groupe II : l'air a d'abord été puisé à 30^{cm} environ d'un des câbles à l'aide d'un tube de caoutchouc maintenu par une perche isolante; puis, le tube de caoutchouc ayant été supprimé, on a opéré par prise directe faite à 1^m environ du même câble.

Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

$n_0 = 0,8$, $V = 4300$.

Prise d'air.	Signe de charge de l'électroscope.	n.	N.
Tourelle d'arrivée des 50000 volts...	+	1,2	$0,05 \times 10^5$
	—	1,2	$0,05 \times 10^5$
Grande salle des interrupteurs (prise à $0^m,30$ par tuyau de caoutchouc).	+	0,8	0
	—	0,7	0 (?)
Grande salle des interrupteurs (prise directe à 1^m)...................	+	1,1	$0,04 \times 10^5$
	—	1,2	$0,05 \times 10^5$
Allauch, en plein air..............	+	1,5	$0,09 \times 10^5$
	—	1,3	$0,07 \times 10^5$

Ainsi le nombre des ions, positifs et négatifs, qui existent au voisinage de la canalisation étudiée est sensiblement nul, moindre en tous cas que dans la campagne voisine et surtout qu'à Marseille; loin de produire des ions, les canalisations à haute tension paraissent plutôt capter ceux qui existent dans l'air ambiant.

PHYSIQUE. — *Une nouvelle forme de l'équation caractéristique des gaz.* Note de M. A. **Leduc**, présentée par M. E.-H. Amagat.

I. J'ai montré que l'écart à la loi de Mariotte entre 0^{atm} et 3^{atm} n'est bien représenté par aucune des formules qui ont été proposées jusqu'à présent et que, en particulier, la formule de Van der Waals conduit à une erreur d'environ 50 pour 100 si on l'applique à l'anhydride sulfureux dans les conditions normales.

Je me suis proposé de trouver une formule du type de Clausius qui représente correctement ledit écart dans les limites de mes observations. Je ne considérerai ici que les gaz de la série normale, c'est-à-dire qui obéissent très sensiblement à la loi des états correspondant à ces faibles pressions et à toute température.

Soient P, V et θ les coordonnées réduites. Notre formule pourra s'écrire

$$\left[P + \frac{F(\theta)}{\varphi(V)}\right](V - h) = k\theta,$$

h et k étant deux constantes numériques.

Or la pression interne, définie comme étant le coefficient de dv dans l'expression du travail interne, se trouve exprimée, en coordonnées réduites, par

$$(1) \qquad \pi_r = \theta \frac{\partial P}{\partial \theta} - P = \frac{F(\theta) - \theta F'(\theta)}{\varphi(V)};$$

on sait, du reste, qu'elle est en raison inverse de V^2 (1), ce qui nous permet d'écrire

$$\pi_r = \frac{F(\theta) - \theta F'(\theta)}{V^2},$$

et l'équation caractéristique (2)

$$(2) \qquad \left(P + \frac{F}{V^2}\right)(V - h) = k\theta.$$

On trouve aisément que le coefficient d'écart a pour valeur, en coordonnées réduites,

$$A = -\frac{1}{PV}\frac{\partial(PV)}{\partial P} = \frac{V^2(V-h)[hk\theta V^2 - (V-h)^2 F]}{[k\theta V^2 - (V-h)F][k\theta V^2 - 2(V-h)^2 F]},$$

dont la limite, pour une pression très faible, est

$$(3) \qquad A_0 = \frac{hk\theta - F}{k^2\theta^2}.$$

Or on a, d'après mes précédentes Notes (3),

$$(4) \qquad A_0 = 76z.10^{-4} = 76 \times 18,85.10^{-4}\chi(2\chi^3 - \sqrt{2}\chi^2 + 2\sqrt{2}\chi - 1).$$

Égalons ces deux valeurs et remplaçons χ par $\frac{1}{\theta}$. On en tire (4)

$$(5) \qquad F = hk\theta + 0,1433\,k^2\left(\frac{2}{\theta^2} - \frac{\sqrt{2}}{\theta} + 2\sqrt{2} - \theta\right).$$

Il semble convenable de prendre pour h la valeur de O.-E. Meyer $\frac{3}{8\sqrt{2}} = 0,265$,

---

(1) E.-H. Amagat, *Comptes rendus*, 3 mai 1909, et A. Leduc, *Comptes rendus*, 24 mai 1909.

(2) F est mis pour $F(\theta)$. Il n'y a pas lieu d'introduire en dénominateur un trinome en V, comme l'ont fait plusieurs auteurs.

(3) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 407, 548, 832 et 1140. On remarquera que le coefficient $18,85 = 5 \times \frac{8}{3}\sqrt{2}$.

(4) Cette fonction rappelle celle employée par lord Kelvin et Joule (*Philos. Trans.*, juin 1854).

qui paraît être la limite vers laquelle tendent les coefficients angulaires des isothermes de M. Amagat lorsque la pression augmente indéfiniment.

Quant à k, on pourrait essayer de le calculer en introduisant dans la formule (2) les volumes spécifiques v d'après mes déterminations, et les densités critiques Δ données par les divers auteurs ($V = v\Delta$); mais on trouve ainsi des valeurs assez incohérentes comprises entre 2,6 et 4. Il est préférable de s'en tenir aux Δ expérimentales (CO^2, Az^2O, SO^2), ce qui conduit à adopter un nombre voisin de 3,6. Prenons, par exemple, comme M. D. Berthelot : $\frac{32}{9} = 3,555$.

On en déduit ensuite Δ pour les autres gaz.

J'ai rapproché dans le Tableau ci-dessous les Δ ainsi calculés, de ceux qu'on trouve dans les Tables (Δ'). L'accord n'est pas toujours satisfaisant; mais, cela n'importe guère pour ce qui va suivre.

	Δ.	Δ'.	$\frac{\Delta'}{\Delta}$.		Δ.	Δ'.	$\frac{\Delta'}{\Delta}$.
H........	0,055	»	»	Az^2O........	0,451	0,454	1,007
Az........	0,335	0,297	0,887	C^2H^2.......	0,244	»	»
CO........	0,325	»	»	HCl........	0,404	0,462	1,143
O........	0,456	0,400	0,877	C^2Az^2........	0,351	»	»
AzO.......	0,516	0,524	1,015	CH^3Cl......	0,347	0,354	1,020
CH^4........	0,199	0,145	0,729	Cl.........	0,678	0,547	0,807
C^2H^4.......	0,219	0,210	0,960	CH^3AzH^2...	0,227	0,252	1,110
CO^2........	0,482	0,464	0,963	SO^2........	0,504	0,520	1,032

II. On peut se proposer de calculer les pressions internes au moyen de la formule (1). Elles sont données, en fonction de χ, par

$$\pi_r = 0,2865\,k^2\,\frac{3\chi^2 - \sqrt{2}(\chi - 1)}{V^2}. \tag{6}$$

Or, si k et Δ sont assez mal connus, la formule (2) montre que l'incertitude sur $\frac{k}{V}$ ou $\frac{k}{v\Delta}$ est négligeable. J'ai comparé ci-dessous les valeurs π', ainsi obtenues, exprimées en atmosphères, à celles trouvées antérieurement par l'intermédiaire des coefficients de dilatation.

	$\pi'.10^4$.	$\pi.10^4$.	$\frac{\pi'}{\pi}$.		$\pi'.10^4$.	$\pi.10^4$.	$\frac{\pi'}{\pi}$.
H..........	2,4	2,7	»	Az^2O........	187	191	0,979
Az.........	24,7	24,6	»	C^2H^2........	205	210	0,976
CO.........	27,4	27,6	»	HCl..........	198	204	0,971
O..........	28,3	28,3	»	C^2Az^2........	579	567	1,021
AzO........	31	30,6	»	CH^3Cl........	655	631	1,038
CH^4........	48,7	48	»	Cl..........	481	459	1,048
C^2H^4.......	196	203	0,966	CH^3AzH^2.....	671	647	1,037
CO^2........	168	170	0,988	SO^2..........	634	617	1,028

On voit que, pour les gaz quasi-permanents, l'accord est aussi parfait que possible. Il est satisfaisant pour les gaz moyens, et même pour les gaz facilement liquéfiables; car il faut remarquer qu'une erreur de 0,001 sur le coefficient de dilatation β correspond à une erreur de 1 millième d'atmosphère sur la pression interne.

Toutefois il convient de remarquer que l'écart varie systématiquement, et il y a lieu de rechercher si la formule (2) représente mieux ou moins bien que mes précédentes formules empiriques les résultats expérimentaux.

J'ai, dans ce but, déduit la fonction u de la formule (2). On trouve aisément que, si l'on écrit

$$PV = P_0 V_0 (1 - MP - NP^2),$$

on a

$$M = \frac{F - hk\theta}{k^2\theta^2} \quad \text{et} \quad N = \frac{F(F - 2hk\theta)}{k^4\theta^4},$$

et comme d'ailleurs

$$M = 76\,z.10^{-4} \quad \text{et} \quad N = \overline{76}^2\,u.10^{-4},$$

on en déduit

$$N = M^2 - \frac{h^2}{k^2\theta^2} \quad \text{et} \quad u = z^2.10^{-4} - \frac{h^2}{k^2}\frac{10^4}{76^2}\chi^2.$$

Le deuxième terme de u est négligeable, car le coefficient de χ^2 est voisin de 0,01, de sorte qu'on pourrait prendre simplement

$$u = z^2.10^{-4},$$

ce qui simplifierait beaucoup les divers calculs.

Mais, bien que la fonction u soit insuffisamment déterminée par mes expériences (avec M. Sacerdote) exécutées entre 1^{atm} et 2^{atm}, il me paraît difficile d'admettre ce résultat; car cette formule donne $u = 3,6$ pour $\chi = 1,5$, au lieu de 6.

Il me paraît nécessaire, pour représenter plus rigoureusement l'état gazeux, d'introduire dans la fonction caractéristique une complication supplémentaire que j'examinerai ailleurs.

TÉLÉGRAPHIE HARMONIQUE. — *Sur une application nouvelle de la superposition sans confusion des petites oscillations électriques dans un même circuit.* Note de M. E. MERCADIER, présentée par M. E.-H. Amagat.

Dans le numéro du 10 août 1908 des *Comptes rendus*, j'ai indiqué comment nous étions parvenus, mon collaborateur M. Magunna et moi, à échanger entre Paris et Marseille, *dans un circuit de deux fils* sans commu-

nication avec la terre, plusieurs télégrammes simultanés formés par des signaux produits par des courants *alternatifs* de périodes différentes, en employant des appareils imprimeurs tels que l'appareil Hughes; j'ai indiqué aussi qu'on pouvait, *en même temps,* superposer à ces signaux d'autres signaux produits par des courants *continus* provenant soit d'un appareil Hughes, où les émissions durent environ $\frac{1}{28}$ de seconde, soit d'un appareil du système Baudot à quadruple clavier, où les émissions ne durent que $\frac{1}{70}$ de seconde environ.

Il était intéressant au point de vue scientifique, et très important au point de vue pratique, de voir si les mêmes résultats pourraient être obtenus sur *un seul* conducteur télégraphique *relié à la terre* comme d'habitude *à ses deux extrémités,* et cela, malgré les courants telluriques naturels et les courants d'induction provenant des transports d'énergie électrique produits dans le voisinage des postes extrêmes.

Les expériences ont été faites sur un fil de 3^{mm} de diamètre et de 500^{km} de longueur, entre les postes centraux télégraphiques de Paris et de Lyon, avec trois appareils Hughes à courants alternatifs d'une part, et, d'autre part, avec un appareil Hughes ou un appareil Baudot à quadruple clavier fonctionnant en courant continu. M. Magunna ayant réussi à annuler les effets des courants provenant de la terre à Lyon, où ils sont particulièrement intenses, les expériences ont réussi comme dans le cas où l'on emploie un circuit de deux fils.

ÉLECTRICITÉ. — *Galvanomètre pour courants alternatifs.* Note de M. Guinchant, présentée par M. Bouty.

La mesure des résistances, par la méthode de Kohlrausch, devient très pénible et même impossible quand l'un des bras du pont introduit un décalage du courant. Une self-induction, une polarisation, une capacité insuffisantes pour produire une différence sensible entre la résistance apparente et la résistance ohmique déterminent un son parasite qui enlève toute précision aux mesures. Pour la même raison, les ponts complexes, tels que celui de lord Kelvin, donnent de mauvais résultats au téléphone.

Au cours d'études sur les électrolytes solides, j'ai remplacé le téléphone par le galvanomètre suivant : une lamelle de fer suspendue par un fil de cocon est placée au centre de deux bobines fixes à axes rectangulaires. L'une des bobines (à gros fil) reçoit un courant alternatif constant, l'autre (à fil

fin) remplace le téléphone. La première est orientée perpendiculairement au méridien magnétique, par conséquent perpendiculairement à la lamelle de fer dirigée par le champ terrestre; ce champ est d'ailleurs presque annulé par un aimant extérieur, en sorte que le champ alternatif intervient à peu près seul comme champ directeur. Tout courant alternatif de même période passant dans la bobine à fil fin donne un champ perpendiculaire au premier et fait dévier la lamelle. Le sens de la déviation change suivant que le décalage des deux courants est inférieur ou supérieur à π. *Dans les mesures au pont, on a ainsi, comme avec le courant continu, un déplacement dont le sens change quand on passe par la position d'équilibre.* On voit facilement que la valeur trouvée pour la résistance mesure, rigoureusement parlant, la résistance apparente et non la résistance ohmique. L'appareil, fonctionnant également avec le courant continu, permet de comparer très rapidement les deux mesures.

Dans le galvanomètre en service, les bobines ont comme résistances $5^{\omega},05$ et 165^{ω}. Le courant alternatif est pris sur le secteur urbain; un courant de $\frac{3}{100}$ d'ampère dans la bobine à gros fil donne une déviation de 1^{mm}, sur échelle à 1^{m}, pour une différence de potentiel de 10^{-5} volt environ aux bornes de la bobine à fil fin. Cette sensibilité est celle du téléphone ordinairement employé dans les mesures au pont, mais elle peut être facilement augmentée sans craindre les phénomènes accessoires qui rendent inutilisables les téléphones sensibles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de quelques combinaisons organomagnésiennes sur la méthyl-2-pentanone-4.* Note de MM. **F. Bodroux** et **F. Taboury**, présentée par M. Troost.

La *méthyl-2-pentanone-4* attaque énergiquement les combinaisons organomagnésiennes en dissolution dans l'éther.

Nous avons employé dans nos expériences les diverses substances en proportions moléculaires et nous avons toujours constaté que la réaction est complexe; elle est accompagnée, avec les combinaisons halogénomagnésiennes d'éthyle, de propyle, d'isobutyle, d'un dégagement régulier d'éthane, de propane, d'isobutane; avec celle de phényle, d'une formation de benzène. Après traitement par l'acide chlorhydrique étendu, le produit de chaque opération lavé, séché, fournit à la distillation :

1° Une notable proportion de méthylpentanone inaltérée;

2° Le carbure éthylénique correspondant à l'alcool tertiaire qui doit normalement prendre naissance;

3° L'alcool tertiaire cherché, qu'on obtient avec un rendement variable de 40 à 60 pour 100;

4° Des composés supérieurs, en petite quantité, sans point d'ébullition fixe.

Sauf dans le cas du bromure de phénylmagnésium, le carbure éthylénique formé n'a pu être isolé à l'état pur, son point d'ébullition différant peu de celui de la méthylpentanone, dont il nous a été impossible de le séparer complètement.

Nos recherches nous ont fourni :

A. Quatre alcools tertiaires saturés :

1° Avec l'iodure d'éthylmagnésium, le *diméthyl-2.4-hexanol-4*

$$CH^3-\underset{\overset{|}{CH^3}}{CH}-CH^2-\underset{\overset{|}{CH^3}}{COH}-CH^2-CH^3,$$

liquide incolore, bouillant à 151°-153° sous 750mm;

$$d_{15}=0,830; \quad n^D_{18}=1,4286.$$

2° Avec le bromure de propylmagnésium, le *diméthyl-2.4-heptanol-4*

$$CH^3-\underset{\overset{|}{CH^3}}{CH}-CH^2-\underset{\overset{|}{CH^3}}{COH}-CH^2-CH^2-CH^3,$$

liquide incolore, bouillant à 170°-171° sous 750mm;

$$d_{20}=0,826; \quad n^D_{18}=1,4318.$$

3° Avec le bromure d'isobutylmagnésium, le *triméthyl-2.4.6-heptanol-4*

$$CH^3-\underset{\overset{|}{CH^3}}{CH}-CH^2-\underset{\overset{|}{CH^3}}{COH}-CH^2-\underset{\overset{|}{CH^3}}{CH}-CH^3,$$

liquide incolore, bouillant à 180°-182° sous 753mm;

$$d_{21}=0,823; \quad n^D_{18}=1,4334.$$

4° Avec le bromure de phénylmagnésium, le *méthyl-2-phényl-4-pentanol-4*

$$CH^3-CH-\underset{\overset{|}{CH^3}}{CH^2}-\underset{\underset{C^6H^5}{|}}{COH}-CH^3,$$

liquide incolore, bouillant à 125°-128° sous 18mm;

$$d_{18} = 0,952; \quad n^{D}_{16} = 1,5157.$$

B. Un carbure aromatique non saturé, le *méthyl-2-phényl-4-pentène*

$$CH^3-\underset{}{\overset{CH^3}{\overset{|}{C}H}}-CH=\underset{\underset{C^6H^5}{|}}{C}-CH^3,$$

liquide incolore, bouillant à 111°-115° sous 18mm, et à 216°-220° sous 738mm;

$$d_{18} = 0,909; \quad n^{D}_{16} = 1,5231.$$

C. Un alcool tertiaire non saturé, le *diméthyl*-2.4-*heptène*-6-*ol*-4

$$CH^3-\overset{CH^3}{\overset{|}{C}H}-CH^2-\overset{CH^3}{\overset{|}{C}OH}-CH^2-CH=CH^2,$$

liquide incolore, bouillant à 180°-182° sous 753mm;

$$d_{21} = 0,823; \quad n^{D}_{19} = 1,4443.$$

Ce dernier composé a été obtenu en mettant en contact, avec du magnésium en tournure, un mélange de bromure d'allyle, de méthylpentanone et d'éther. La réaction amorcée par une goutte de brome est énergique; elle s'accompagne d'un dégagement régulier de propylène.

Dans les mêmes conditions, l'iodure d'allyle fournit de mauvais résultats.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés du thioindigo.* Note de M. **Béchamp**, présentée par M. A. Haller.

Dans un travail récent, MM. F. Sachs et Kantorowicz (*Berichte*, 8 mars 1909, p. 243) annoncent qu'ils ont essayé l'action des dérivés organomagnésiens sur le thioindigo. Ils ne donnent d'ailleurs aucun détail ni sur le mode opératoire, ni sur les composés obtenus. Nous avons de notre côté entrepris cette étude, et donnons dans cette courte Note les résultats auxquels nous sommes arrivé.

Le thioindigo :

$$C^6H^4\langle{}^{CO}_{S}\rangle C=C\langle{}^{CO}_{S}\rangle C^6H^4$$

réagit vivement sur les dérivés organomagnésiens; mais lorsqu'on décompose par l'eau, il se forme un produit blanc qui rougit rapidement, en régénérant du thioindigo.

Nous avons alors essayé de stabiliser ce produit blanc en évitant l'emploi de l'eau. En décomposant le produit de la réaction des organomagnésiens sur le thioindigo par le chlorure d'acétyle ou de benzoïle, nous avons pu obtenir des produits stables. Mais, quel que soit le dérivé magnésien employé (bromure de méthyl-, éthyl- ou phénylmagnésium), les dérivés acétylé ou benzoïlé obtenus sont identiques. Il nous a paru rationnel d'en conclure que l'action des dérivés magnésiens était purement réductrice.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons réduit le thioindigo par l'étain et HCl. En acétylant ou benzoïlant le produit de réduction ainsi obtenu, nous avons préparé les mêmes dérivés acétylé ou benzoïlé que par la réaction des organomagnésiens.

PRÉPARATION DES DÉRIVÉS ACÉTYLÉ ET BENZOÏLÉ DU THIOINDIGO. — 1° *Par les organomagnésiens.* — On introduit, par petites portions, du thioindigo sec, finement pulvérisé ($\frac{1}{10}$ de molécule) dans une solution éthérée concentrée de bromure de méthyl-, éthyl-, ou phénylmagnésium ($\frac{6}{10}$ de molécule). Il se produit une vive réaction, et le thioindigo se dissout instantanément en jaune clair. Dès que tout le thioindigo a été ajouté, on introduit dans le ballon une solution éthérée très étendue de chlorure d'acétyle ou de benzoïle ($\frac{6}{10}$ de molécule). Il se produit une réaction énergique; la solution rougit, puis laisse peu à peu déposer le dérivé cherché. On filtre, et l'on fait cristalliser ce produit dans le xylène. Les rendements sont satisfaisants (50 pour 100 de la théorie) pour le dérivé benzoïlé; mauvais (1 pour 100) pour le dérivé acétylé.

2° *Par le produit de réduction du thioindigo.* — On introduit dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant 10^g de thioindigo, 150^g d'acide acétique et 5^g d'étain. On porte à l'ébullition, puis on ajoute peu à peu 10^g HCl en solution saturée. La liqueur se décolore. On verse alors dans l'eau froide et l'on essore rapidement le produit blanc qui s'est précipité et qui rougit rapidement à l'air.

Ce produit de réduction, desséché dans le vide, est alors traité soit par un excès d'anhydride acétique, soit par le chlorure de benzoïle au sein de la pyridine. Le dérivé acétylé cristallise dans l'anhydride acétique. Le dérivé benzoïlé est séparé de la pyridine par HCl aqueux et cristallise dans le xylène.

Dans les deux cas la purification est laborieuse, car il reste toujours du thioindigo provenant de l'oxydation du dérivé de réduction. On peut obtenir le dérivé acétylé immédiatement par la réaction suivante :

On a traité à l'ébullition 10^g de thioindigo par 150^g anhydride acétique, 2^g de zinc en poudre et 5^{cm^3} d'acide acétique glacial. Il se produit une vive réaction, et la solution rouge se décolore instantanément. Le dérivé acétylé se précipite par refroidissement. Une seule cristallisation dans le xylène suffit pour l'obtenir pur.

Propriétés physiques des dérivés acétylé et benzoïlé. — Le dérivé *acétylé*

du thioindigo se présente sous forme de fines aiguilles blanches, fondant à 248° en se décomposant.

Il ne s'altère pas à l'air quand il est parfaitement pur. L'analyse conduit à lui assigner la formule suivante :

$$\begin{array}{c} \quad CCOCH^3 \quad CCOCH^3 \\ C^6H^4\langle\rangle C - C\langle\rangle C^6H^4. \\ \quad S \qquad\quad S \end{array}$$

Saponifié par la potasse alcoolique, il devrait donner le corps :

$$\begin{array}{c} \quad COH \qquad COH \\ C^6H^4\langle\rangle C - C\langle\rangle C^6H^4 \\ \quad S \qquad\quad S \end{array}$$

correspondant au produit de réduction. Mais il se produit simultanément une oxydation, et l'on régénère finalement du thioindigo, qui a été identifié par dosage du soufre.

Le dérivé *benzoïlé* cristallise en fines aiguilles blanches feutrées. Il fond à 225° en se décomposant. Il s'oxyde facilement à l'air, même quand il est parfaitement pur. Saponifié, il se comporte comme le dérivé acétylé.

L'analyse conduit à la formule :

$$\begin{array}{c} \quad COH \qquad COCOC^6H^5 \\ C^6H^4\langle\rangle C - C\langle\rangle C^6H^4. \\ \quad S \qquad\quad S \end{array}$$

L'identité des produits obtenus par des méthodes différentes a été vérifiée en constatant que, par mélange, les dérivés acétylé et benzoïlé obtenus par l'un ou l'autre procédé gardent un point de fusion constant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide élatérique*. Note de M. **A. Berg**, présentée par M. A. Haller.

J'ai obtenu cet acide ([1]) en faisant agir la potasse ou la soude sur l'élatérine.

Il y a d'abord formation d'acide acétique et d'élatéridine, puis cette dernière se transforme en acide élatérique. Il suffit de faire bouillir une demi-heure l'élatérine

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, p. 435.

avec une solution alcoolique de soude obtenue en dissolvant dans l'alcool à 80° un poids de sodium égal environ au $\frac{1}{10}$ de celui de l'élatérine employée. Pour éviter une trop forte coloration du liquide, il est bon d'opérer dans un courant d'hydrogène. On peut aussi abandonner à froid le mélange en vase clos pendant plusieurs jours : l'action n'est alors pas totale, mais le liquide se colore à peine et l'acide obtenu est très pur.

Le produit de ces opérations est versé dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, ce qui précipite l'acide formé ainsi que l'élatéridine, s'il restait de cette dernière. On épuise à l'éther et l'on agite cette solution éthérée avec un peu d'eau et du bicarbonate de soude qui s'empare de l'acide élatérique. L'acide est ensuite mis en liberté par l'acide sulfurique.

On l'obtient ainsi sous forme d'un précipité blanc, amorphe qui fond dans l'eau chaude à 73°-75° en une masse poisseuse se concrétant par refroidissement. Séché sur l'acide sulfurique, il retient une petite quantité d'eau qu'il perd à l'étuve à 130°. Il est très soluble dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique, le chloroforme, peu soluble dans l'éther de pétrole. 100 parties d'eau en dissolvent 0,86 partie à 17°.

Il répond à la formule $C^{28}H^{38}O^{7}$, qui est celle de l'élatéridine.

Le perchlorure de fer ne le colore pas et l'acide sulfurique seul ou additionné de phénol ne donne qu'une coloration jaune ou jaune rougeâtre.

Tous les sels de cet acide sont amorphes.

Les élatérates alcalins et alcalino-terreux sont extrêmement solubles dans l'eau et l'alcool, qui les abandonnent par évaporation sous forme de masse gommeuse ou de vernis. Les sels alcalins sont précipités de leur solution aqueuse par les alcalis ou les carbonates correspondants en excès.

Le sel de cadmium, peu soluble dans l'eau, a une solubilité plus grande à froid qu'à chaud, ce qui peut servir à sa purification.

Le sel de cuivre, insoluble dans l'eau, est très soluble dans l'alcool et surtout dans l'acétate d'éthyle, qui l'abandonne sous forme d'un vernis friable vert foncé.

Le sel d'argent se précipite en gelée semblable à la silice lorsqu'on verse une solution de nitrate d'argent à 10 pour 100 en léger excès dans une solution moyennement concentrée d'élatérate alcalin. Lavée de façon à lui enlever les sels étrangers, cette gelée se redissout en donnant une liqueur incolore qui reprécipite de nouveau et souvent se prend en masse par addition de quelques gouttes de nitrate d'argent dilué. Il présente les caractères d'un colloïde. La lumière lui communique une coloration rouge brun.

M. Hemmelmayr, qui a reproduit cet acide après moi, le considère comme provenant de la fixation de l'oxygène de l'air sur une fonction aldéhyde contenue dans l'élatérine et l'élatéridine, avec, par suite, formation d'une fonction acide. Je ne partage pas cet avis, car, en faisant agir sur l'élatérine

la soude alcoolique dans des conditions où l'oxygène libre, soigneusement écarté, ne pouvait pas intervenir, j'ai néanmoins observé la transformation totale de l'élatérine en acide élatérique, ce qui ne s'accorde nullement avec l'hypothèse précédente.

Je crois plutôt qu'il y a, dans la molécule de l'élatéridine, déplacement d'une molécule d'eau qui se porte sur un groupement lactone en faisant ainsi apparaître la fonction acide. De nouvelles recherches sont nécessaires pour élucider ce point.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pseudomorphine.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **V. I. Meyer**, présentée par M. L. Maquenne.

La pseudomorphine a été découverte par Pelletier et Thiboumery en 1835 dans l'opium ([1]). On l'a, depuis, reproduite artificiellement par oxydation de la morphine, soit avec certains réactifs chimiques, soit avec la tyrosinase ([2]). Malgré les recherches assez nombreuses auxquelles elle a donné naissance, on n'est pas encore exactement fixé sur la formule qu'il convient de lui attribuer, même par rapport à celle de la morphine.

Schützenberger ([3]) a adopté la formule $C^{17}H^{19}NO^4$, et Hesse ([4]), au moins dans la plupart de ses Mémoires, la formule $C^{17}H^{17}NO^3$, formules qui diffèrent de celle de la morphine : la première, par l'addition de 1^{at} d'oxygène; la seconde, par la soustraction de 1^{mol} d'hydrogène. Polstorff ([5]), de son côté, propose la formule $C^{34}H^{36}N^2O^6$, d'après laquelle 2^{mol} de morphine sont soudées, en perdant chacune 1^{at} d'hydrogène.

Les faits publiés jusqu'ici ne permettent ni de choisir d'une façon définitive entre ces formules, ni d'en proposer une autre. Toutefois, la persistance, dans la pseudomorphine, des propriétés réductrices de la morphine vis-à-vis de l'acide iodique, celle de la réaction colorée avec le perchlorure de fer, enfin la production et la composition

---

([1]) *Comptes rendus*, t. I, 1835, p. 11, et *Journ. Pharm. Chim.*, 2e série, t. XXI, 1835, p. 555.

([2]) En 1894, Bourquelot a observé qu'une solution de morphine dans l'alcool faible additionnée de suc de Russule donne, par oxydation, un précipité blanc jaunâtre (*Journ. Pharm. Chim.*, 6e série, t. IV, 1896, p. 382). Bougault a reconnu plus tard que ce précipité est de la pseudomorphine (*Id.*, 6e série, t. XVI, 1902, p. 49). D'après les expériences de Gabriel Bertrand, cette oxydation diastasique est due à la tyrosinase; la laccase, contenue à côté dans le suc de champignon, n'intervient pas dans la transformation de l'alcaloïde. Le résultat est facile à vérifier en opérant, d'une part, avec la tyrosinase du son, d'autre part avec la laccase de l'arbre à laque.

([3]) *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. II, 1865, p. 176.

([4]) *Ann. Chem. u. Pharm.*, t. CCXXII, 1884, p. 234.

([5]) *Ber. chem. Ges.*, t. XIII, 1880, p. 86.

de l'éther acétique, obligent à admettre que la fonction phénolique a été respectée pendant la transformation de la morphine en pseudomorphine. Les analyses s'accordent mieux, d'autre part, avec une soustraction d'hydrogène qu'avec une addition d'oxygène. Il reste donc surtout à savoir si la pseudomorphine dérive de 1^{mol} ou de 2^{mol} de morphine, si sa formule doit être représentée par $C^{17}H^{17}NO^3$ ou par $C^{34}H^{36}N^2O^6$.

En raison de l'intérêt que la pseudomorphine présente comme produit d'oxydation nettement définissable donné par la tyrosinase, nous avons repris l'étude de la question que nous avons surtout essayé de résoudre par les méthodes cryoscopiques et ébullioscopiques.

L'alcaloïde nécessaire aux expériences a été préparé en oxydant la morphine par le ferricyanure de potassium, puis transformé en chlorhydrate. Ce dernier sel, dont la pureté a été vérifiée par la méthode des cristallisations fractionnées, a permis de régénérer une base tout à fait pure.

Nous avons opéré successivement sur la base libre, sur son chlorhydrate et sur son dérivé acétylé. Les résultats des expériences cryoscopiques et ébullioscopiques, effectuées avec plusieurs dissolvants, ont été contrôlés dans tous les cas en opérant comparativement sur des substances voisines, comme la morphine et son chlorhydrate, ou bien encore la narcotine et la strychnine (¹).

L'ensemble des résultats que nous avons obtenus montre que la pseudomorphine est une base qui, à l'état libre, présente à un très haut degré la propriété de former des agrégats moléculaires au sein de ses dissolutions. Aussi n'est-il pas possible d'utiliser les méthodes cryoscopiques et ébullioscopiques pour en déterminer le poids moléculaire.

Il paraît en être autrement de son chlorhydrate et de son dérivé acétylé. Le chlorhydrate donnerait avec l'eau une solution à peu près complètement dissociée, comme le fait le chlorhydrate de morphine. Dans cette solution, 2^{mol} d'acide se trouveraient en présence de 1^{mol} de pseudomorphine dont la formule serait alors $C^{34}H^{36}N^2O^6$.

Le dérivé acétylé donne des valeurs un peu basses, mais concordant, elles aussi, avec la formule en C^{34}.

Ainsi, la pseudomorphine doit être considérée comme dérivant de 2^{mol} de morphine ayant perdu chacune 1^{at} d'hydrogène. Les deux restes de morphine possédant leur oxhydryle phénolique, il faut penser, en outre, qu'ils sont vraiment réunis par le carbone. Il y aurait ainsi, dans la

(¹) Pour les détails et les autres observations sur les propriétés de la pseudomorphine, voir le Mémoire des *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1909.

transformation de la morphine en pseudomorphine, un cas d'oxydation par la tyrosinase qui rappellerait, dans une certaine mesure, celui signalé par l'un de nous, dans l'action de la laccase sur le gayacol (1), ou bien encore ceux étudiés depuis de la transformation, aussi par la laccase, de la vanilline en déhydrovanilline (2), du thymol en dithymol (3), de l'eugénol en déhydrodieugénol (4).

Quant à la position respective des deux restes de morphine dans la molécule de la pseudomorphine, elle se déduit de la forte activité optique du second de ces alcaloïdes: les deux restes de morphine doivent être unis entre eux comme le sont, par exemple, les deux moitiés de la molécule dans chacun des acides tartriques actifs, c'est-à-dire qu'ils doivent être soudés l'un à l'autre en position trans (schéma I) :

$$\begin{array}{r} C^{17}H^{18}NO^{3} \\ | \\ O^{3}NH^{18}C^{17} \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{l} C^{17}H^{18}NO^{3} \\ | \\ C^{17}H^{18}NO^{3} \end{array}$$

(schéma I) (schéma II)

autrement (schéma II), la molécule de pseudomorphine serait symétrique et dépourvue de pouvoir rotatoire.

MINÉRALOGIE. — *Sur les schistes cristallins de l'Oural.* Note de M. **L. Duparc**, présentée par M. A. Lacroix.

Les roches qui, dans l'Oural du Nord, sont considérées comme appartenant aux schistes cristallins, se trouvent immédiatement au-dessous des schistes argileux attribués au Dévonien inférieur et sont supportées par un complexe de quartzites franches et de conglomérats quartzeux d'âge indéterminé. Ces schistes se rattachent sans exception à deux types pétrographiques distincts; le premier, de beaucoup le plus répandu, est représenté par des roches généralement quartzeuses, qui ne sont que des sédiments plus ou moins métamorphisés; le second, plus rare et considéré quelquefois, sans preuves d'ailleurs, comme plus ancien, est formé par des roches plutôt ba-

(1) Gab. Bertrand, *Comptes rendus,* t. CXXXVII, 1903, p. 1269, ou, avec plus de détails, *Bull. Soc. chim.,* 3e série, t. XXXI, 1904, p. 211.
(2) Lerat, *Journ. Pharm. Chim.,* 6e série, t. XIX, 1904, p. 10.
(3) Cousin et Hérissey, *Id.,* t. XXVI, 1907, p. 490.
(4) *Ibid.,* t. XXVIII, 1908, p. 49.

siques, qui sont le produit incontestable de l'écrasement dynamique et de la métamorphose de diabases intrusives, que l'on rencontre fréquemment comme tels.

Une étude détaillée de ces différentes roches m'a conduit à distinguer parmi celles-ci plusieurs variétés que l'on retrouve constamment dans l'ensemble de la formation et qui sont, dans le premier type :

1° Des schistes quartziteux, qui sont de véritables quartzites recristallisées; ils renferment un peu de zircon, de sphène et de magnétite, quelques jolis cristaux de tourmaline, de la glaucophane souvent zonée et entourée par une amphibole sodifère dont les propriétés optiques sont différentes, un peu d'épidote, de la séricite, un peu de biotite, de la chlorite et du quartz qui forme de beaucoup l'élément principal. La structure de ces roches est généralement granoblastique, plus rarement porphyroblastique; les porphyroblastes sont alors représentés par la glaucophane. La structure blastopsammitique n'est pas rare.

2° Des schistes quartzito-séricitiques qui renferment les mêmes minéraux constitutifs, la glaucophane en moins, et qui sont très riches en séricite mêlée à de la chlorite. La structure de ces roches est variable; certains spécimens sont formés par une masse lépidoblastique de séricite dans laquelle on trouve disséminés la magnétite, le zircon, la tourmaline et le quartz sous forme de lentilles à individus grenus; d'autres au contraire ont une texture hélicitique; le quartz est alors mêlé à la séricite qui prédomine.

3° Des gneiss séricitiques à albite : ces roches renferment un peu de magnétite, de zircon et de tourmaline, beaucoup de sphène en petits grains, du rutile en aiguilles, de la séricite, de la chlorite, de l'albite, puis parfois un peu de quartz et de calcite. La structure est généralement granoblastique ou porphyroblastique; les porphyroblastes sont formés par de l'albite saturée d'inclusions de rutile.

Dans le second type on distingue :

1° Des amphibolites albito-épidotiques, qui sont des roches foncées, souvent à peine schisteuses, formées par du leucoxène, un peu de magnétite, beaucoup d'amphibole souvent sodifère et très polychroïque, de la biotite, de l'épidote toujours abondante, de la chlorite abondante également et de l'albite en quantité très variable. La structure de ces roches n'est pas uniforme; certains types sont granoblastiques ou gabbroïdes, d'autres sont grossièrement nématoblastiques, d'autres encore sont porphyroblastiques.

2° Des schistes albito-chloriteux qui renferment beaucoup de sphène, peu de magnétite, de la chlorite, de la séricite plus rare, quelquefois une amphibole de la famille de la glaucophane, mais avec des propriétés optiques un peu différentes et nouvelles, de l'épidote très constante, de la calcite et de l'albite toujours abondante. La structure la plus communément observée est celle dite *pœciloblastique*. L'albite forme de gros xénoblastes qui empâtent une partie des éléments constitutifs et sont développés dans une masse chloriteuse qui forme en quelque sorte ciment.

3° Des glaucophanites albito-épidotiques, qui sont formées par de la magnétite, de l'épidote, de la glaucophane abondante, un peu de mica blanc et de pennine en grosses lamelles, puis de l'albite. La structure est grossièrement nématoblastique; les aiguilles de glaucophane, mêlées aux grains d'épidote de magnétite et aux lamelles de mica, forment un tissu à éléments orientés, dans lequel on trouve des xénoblastes d'albite, quelques porphyroblastes de magnétite, et des lentilles formées par des grosses lamelles de chlorite.

Les analyses qui suivent donnent la composition de ces différentes roches :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
SiO^2	90,13	71,20	65,69	48,29	43,78	52,92
TiO^2	0,25	0,47	0,95	1,30	3,03	2,98
Al^2O^3	4,27	11,24	16,23	12,71	15,58	14,40
Fe^2O^3	0,87	2,05	2,90	3,37	2,99	5,77
FeO	0,22	2,63	2,74	11,16	10,98	7,67
MnO	traces	"	"	"	"	"
CaO	0,79	1,53	0,55	9,51	5,84	4,42
MgO	0,34	2,98	1,88	7,13	8,49	3,23
K^2O	1,21	3,13	4,09	0,64	1,16	2,23
Na^2O	1,44	1,51	2,48	3,33	3,22	3,64
Perte au feu	0,82	3,38	2,97	3,55	5,94	3,34
	100,34	100,02	100,43	100,99	101,01	100,60

I. Schiste quartziteux. Kwarkouche.
II. Schiste quartzito-séricitique. Oreilles de Pélia. Montagne de Kwarkouche.
III. Gneiss séricitique à albite; près des sources de Malma, Kwarkouche.
IV. Amphibolite albito-épidotique, ligne de partage près de la source sud d'Iwdiel.
V. Schiste albito-chloriteux. Ravin des sources de Pélia sur le Kwarkouche.
VI. Glaucophanite albito-épidotique, rive droite de la Balchaïa Soswa, en aval de Kholnépia.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'élaboration de la matière azotée dans les feuilles des plantes vivaces.* Note de M. G. **André**, présentée par M. Armand Gautier.

La feuille joue dans le végétal un rôle des plus importants : c'est dans la feuille, en effet, que s'élabore la majeure partie de la matière azotée et que l'azote et le phosphore minéraux se transforment en azote et phosphore organiques, ainsi que l'admettent la plupart des physiologistes. Mais les opinions divergent relativement au mécanisme de la migration des pro-

duits ainsi formés vers les autres organes de la plante, surtout en ce qui concerne *la quantité* de ces produits. Étant donnée la mobilité de l'azote et du phosphore, on serait tenté de croire que les feuilles n'en retiennent, en fin de végétation, que des poids minimes. Il résulte cependant d'un nombre considérable de recherches que beaucoup de feuilles sont encore assez riches en azote et en phosphore au moment de leur chute, comme si l'azote, en particulier, ne se trouvait plus à ce moment sous une forme propre à l'émigration ou comme si les phénomènes d'osmose se ralentissaient au point d'entraver cette émigration. Il est probable que cette seconde hypothèse doit se réaliser dans bien des cas, car la feuille, de même d'ailleurs que les autres organes de la plante, subit une déshydratation progressive qui vraisemblablement peut nuire à l'exercice des phénomènes osmotiques.

I. Voici quelques résultats obtenus avec les feuilles d'un arbre, le Châtaignier commun, relatifs aux différentes formes de l'azote (dont je m'occuperai seulement aujourd'hui) contenues dans ces feuilles pendant les diverses périodes de leur évolution. Le Tableau ci-joint renferme les proportions centésimales : de l'azote total des feuilles, de l'azote amidé soluble tel qu'on l'obtient en traitant la matière par l'acide acétique bouillant à 2 pour 100, et enfin de l'azote nitrique.

Dates.	Eau dans 100 parties de matière fraîche.	Dans 100 parties de matière sèche.			Azote amidé soluble dans 100 parties de l'azote total.
		Azote total.	Azote amidé soluble.	Azote nitrique.	
13 mai 1908....	75,25	3,40	0,53	0,04	15,58
12 juin »	72,54	2,70	0,40	traces	14,81
15 juill. »	69,42	2,32	0,10	traces	4,31
17 août »	68,00	2,18	0,10	traces	4,59
21 sept. »	67,91	2,25	0,36	0	16,00
25 oct. »	63,74	1,80	0,48	0	26,66

On remarque tout de suite que, conformément à la généralité des faits connus, la proportion centésimale de l'azote total décroît régulièrement à mesure que la feuille vieillit. L'examen des chiffres qui représentent l'azote amidé soluble montre, d'autre part, que, tandis que cette forme de l'azote atteint au 13 mai et au 12 juin le septième environ de l'azote total, elle ne représente plus, au 15 juillet et au 17 août, que le vingtième environ de l'azote total. La date du 15 juillet répond, en effet, d'une façon approximative, à la fécondation des fleurs, et le mouvement de migration de l'azote

amidé s'accentue dès le début de cette période. Celui-ci provient de deux sources : d'une synthèse s'effectuant aux dépens des hydrates de carbone et d'un composé minéral de l'azote aussi bien que de la décomposition des albuminoïdes par certains enzymes de la feuille. Lorsque la période de fécondation est achevée, l'azote amidé s'accumule de nouveau dans la feuille. Aussi voyons-nous, à côté de l'abaissement de la proportion centésimale de l'azote total (21 septembre et 25 octobre), augmenter la proportion de l'azote amidé soluble, laquelle s'élève, le 21 septembre, à 16 pour 100 de l'azote total et à 26,66 le 25 octobre. On peut en conclure que cet azote amidé prend naissance d'une façon uniforme pendant toute la durée de la végétation, mais que, vers la fin de la vie active de la feuille, son émigration est fortement ralentie. Emmerling avait déjà noté ce fait que l'azote non protéique ne diminue pas dans les feuilles après floraison. Or, ici, il augmente. Parfois même on constate que certaines feuilles sont, au moment de leur chute, plus riches en asparagine que les feuilles jeunes (observations de Miyachi sur les feuilles de *Pæonia albiflora*).

II. Quelle est la source de l'azote primordial aux dépens duquel s'effectue, dans le cas présent, la synthèse des albuminoïdes? On remarquera, en examinant les chiffres du Tableau précédent, combien est faible la quantité d'azote minéral (azote nitrique) rencontré dans les feuilles. Dès le 12 juin, des traces seulement de nitrates peuvent y être décelées. J'ai prélevé cette année même, à la date du 5 mai, une branche jeune et vigoureuse de Châtaignier; je n'ai trouvé, dans une cinquantaine de grammes d'écorce fraîche, que des traces de nitrates. Le résultat a été négatif pour le bois sous-jacent.

On sait, d'autre part, que les sols siliceux ne nitrifient pas, ou, du moins, ne renferment que très peu de nitrates. Aussi la question se pose-t-elle toujours, lorsqu'il s'agit comme ici de la *forme initiale* de l'azote destiné à la production des albuminoïdes, de déterminer à quelle source la plante emprunte son azote et sous quel état primitif cet azote se rencontre dans le sol. Malheureusement, il est difficile de répondre à cette question, à moins d'admettre *a priori*, ce qui d'ailleurs est très vraisemblable, que la source primitive de l'azote est de nature *organique*, celui-ci étant rendu assimilable par les mycorhizes garnissant les racines de presque tous les arbres qui se développent dans les sols siliceux suffisamment riches en humus.

Quoi qu'il en soit, on doit admettre, dans le cas présent, qu'une synthèse des matières azotées aux dépens des nitrates n'est pas chose probable.

PHYSIOLOGIE. — *De l'influence du temps sur l'activité antivirulente des humeurs des animaux vaccinés et de l'immunité relative des tissus.* Note de M. L. CAMUS, présentée par M. Bouchard.

Les expériences que j'ai précédemment publiées ([1]) sur les propriétés antivirulentes des humeurs ont montré que les liquides de l'organisme vacciné détruisent très inégalement le virus vaccin. J'ai recherché depuis si, sous l'influence du temps, les échanges nutritifs ne modifient pas ces différences et ne déterminent pas une répartition plus uniforme de la substance bactéricide.

Liquides examinés et technique suivie. — J'ai étudié sur un vaccin connu l'activité antivirulente du sérum sanguin, de l'humeur aqueuse et du liquide céphalo-rachidien de lapins vaccinés avec succès depuis plus ou moins longtemps et j'ai comparé les résultats à ceux donnés, dans de semblables conditions, par le même vaccin mis en contact avec le sérum d'un animal normal. Les animaux employés avaient été vaccinés de 1 à 8 mois et demi auparavant et avaient tous présenté une éruption cutanée abondante et caractéristique. Le vaccin utilisé était une solution diluée et homogène d'une pulpe déjà éprouvée; ce vaccin a toujours été laissé en contact à la température de 39° pendant 15 minutes à 1 heure, avec le liquide éprouvé, avant d'être ensemencé sur la peau du dos d'un lapin normal. Les différents liquides provenant d'un même animal ont tous été essayés en même temps sur la peau du même lapin, et le mode d'ensemencement a été celui que j'ai déjà indiqué ([2]). Les éléments de l'éruption ont été comptés 5 jours après l'inoculation.

Six lapins ont fait l'objet de ces recherches. Le Tableau suivant donne le nombre des éléments vaccinaux qui se sont développés par 10^{cm^2} et permet d'apprécier le pouvoir antivirulent des humeurs :

Numéro d'ordre des expériences.	Animal vacciné depuis	Nombre d'éléments développés par 10^{cm^2} sur les surfaces ensemencées avec			
		vaccin +sérum.	vaccin+liquide céphalo-rachidien.	vaccin +humeur aqueuse.	vaccin+sérum d'un animal normal.
I.......	1 mois, 10 jours	0,41	41	10	18
II.......	3 mois	0,10	53 ([3])	8,8	5,4
III......	3 mois, 15 jours	0,27	30	22	25
IV.......	4 mois, 10 jours	0,63	46	45	28
V.......	5 mois	0,74	24	16	19
VI.......	8 mois, 12 jours	0,41	»	31	28

([1]) *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, t. X, 1908, p. 455-468.

([2]) *Loc. cit.*, p. 456.

([3]) La ponction du liquide céphalo-rachidien n'ayant fourni que $0^{cm^3},3$, la dilution du vaccin a été plus faible qu'avec l'humeur aqueuse et qu'avec les sérums.

Ainsi, chez tous ces animaux, existe une grande inégalité d'activité des humeurs; dans aucun cas, malgré la longue période de temps écoulée depuis la vaccination, les différences d'activité entre les humeurs ne se sont pas modifiées; le liquide qui était très bactéricide (sérum) est resté fortement bactéricide, et ceux qui ne l'étaient pas ou fort peu (humeur aqueuse, liquide céphalo-rachidien) n'ont point vu apparaître ou s'accroître cette propriété.

On devait se demander ce que devient l'immunité des tissus qui sont en rapport avec des humeurs d'activité si différente. Si, comme certains auteurs le pensent, la résistance des tissus est conditionné par l'activité des humeurs ambiantes, on doit voir varier la réceptivité des tissus avec celle des humeurs, mais si, suivant l'opinion d'autres auteurs, les tissus s'immunisent pour leur propre compte, on ne devra pas s'étonner de trouver un tissu immunisé alors que l'humeur n'est pas antivirulente.

On sait déjà que la résistance de la peau à une nouvelle inoculation n'est pasin définie; certains individus, il est vrai, semblent immunisés une fois pour toutes, mais il en est un grand nombre qui ne présentent qu'une immunité temporaire; chez ces derniers une nouvelle vaccination est suivie de réactions qui rappellent plus ou moins celles de la primo-vaccination. Ces résultats, depuis longtemps observés, ont justifié la pratique de la vaccination universellement recommandée par les médecins et rendue aujourd'hui obligatoire par la loi. Les statistiques ont amplement démontré le caractère parfois temporaire de l'immunité vaccinale, mais la détermination des conditions qui entraînent la variation de l'immunité n'a pas été faite; il n'a pas été exactement établi pourquoi fléchit l'immunité et l'on n'a point recherché, en particulier, si c'est à la disparition de l'activité antivirulente des humeurs qu'est due la cessation de l'immunité.

N'étant point placé dans les conditions à pouvoir faire cette étude sur l'homme, je l'ai entreprise sur le lapin, qui, comme l'homme, présente une immunité parfois peu durable [1]. Les animaux qui m'ont servi appartiennent au groupe des expériences précédentes; ils avaient tous, comme on peut s'en rendre compte par le Tableau ci-dessus, un sang nettement bactéricide pour le vaccin, puisque leur sérum tuait le vaccin avec une énergie 25 à 50 fois plus forte que le sérum d'un animal normal. La réceptivité de leur peau pour le virus vaccin a été éprouvée sur un champ d'inoculation de 25^{cm^2} avec une dilution de vaccin qui donnait chez un lapin témoin, dans les mêmes con-

[1] *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 3e série, t. LVIII, 1907, p. 111.

ditions, une éruption confluente. Sur quatre animaux réinoculés, deux se sont montrés complètement réfractaires et les deux autres légèrement réceptifs; l'un de ces derniers a présenté trois macules, puis trois papules dans l'ensemble du champ d'inoculation, et l'autre sept magnifiques éléments qui se sont développés tout à fait normalement. L'immunité cutanée ne se prolonge donc pas au delà de la durée de l'immunité humorale, mais bien plus, elle fléchit déjà, alors que persiste encore l'action bactéricide du sang. Au point de vue de la protection de l'organisme, on peut dire qu'il ne suffit pas que le sang soit antivirulent, mais qu'il faut encore que son degré d'activité ne soit pas inférieur à une certaine limite pour assurer une immunité absolue. Ces constatations appellent de nouvelles recherches, car il importe de suivre parallèlement le degré d'immunité des tissus et le pouvoir antivirulent du sang pour établir solidement la dépendance de ces deux phénomènes. L'hypothèse d'après laquelle la résistance des tissus serait sous la dépendance de l'état bactéricide des humeurs se trouve d'ailleurs appuyée par les expériences suivantes :

Depuis la découverte de Guarneri, les nombreuses recherches entreprises sur la cornée ont non seulement mis en évidence la très grande sensibilité de cet organe pour le virus vaccin, mais encore sa résistance exceptionnelle à l'immunisation; la cornée continue à réagir aux inoculations successives, alors que le sérum est très antivirulent et que la peau est complètement réfractaire. Ce phénomène, très surprenant à première vue, s'explique quand on constate que l'humeur aqueuse chez les animaux immunisés reste dénuée de tout pouvoir bactéricide ([1]). Pour apporter une nouvelle preuve de la prédominance du mécanisme humoral dans l'immunisation des tissus, j'ai cherché à réaliser l'immunité de la cornée en rendant artificiellement bactéricide l'humeur aqueuse.

Chez quelques lapins, j'ai remplacé à plusieurs reprises l'humeur aqueuse par du sérum d'un animal fortement immunisé et chez quelques autres après avoir en outre injecté ce sérum dans l'épaisseur de la cornée, j'ai constaté l'immunité de cet organe. Dans certains cas, l'immunité a été partielle, quoique très marquée; dans d'autres elle m'a semblé absolue.

Chez tous les animaux expérimentés, un seul œil a été soumis à l'immunisation et l'épreuve du vaccin a été faite sur les deux yeux, en même temps avec le même virus et au moyen du même procédé d'inoculation. Les cornées fixées et placées dans l'alcool

([1]) Provazek a aussi constaté que l'humeur aqueuse de l'œil vacciné n'a aucune propriété parasiticide.

36 à 60 heures après la vaccination peuvent être facilement distinguées. Celles qui n'ont pas été traitées (cornées témoins) présentent à l'endroit de l'inoculation un sillon bien visible et parfaitement linéaire, tandis que les cornées immunisées ne semblent plus porter la trace de la vaccination; cependant, à un examen attentif, on découvre par transparence, à l'endroit scarifié, une ligne très fine qui parfois sur son trajet présente quelques points plus opaques. A l'examen microscopique, sur toutes les coupes des cornées témoins, on découvre facilement de nombreux cytoryctes, tandis qu'il faut regarder un grand nombre de coupes des cornées immunisées pour observer quelques-uns de ces corps. La cornée acquiert donc l'immunité passive quand l'humeur qui l'entoure est devenue bactéricide, et cette propriété dure un certain temps, comme j'ai pu m'en assurer.

En résumé, l'état bactéricide des humeurs ne s'égalise pas avec le temps; celles qui sont très bactéricides après la vaccination peuvent conserver cette propriété; celles qui sont inactives ou peu actives ne deviennent pas plus actives. L'immunité humorale semble conditionner l'immunité des tissus; ceux-ci sont d'autant plus réceptifs pour le virus que l'humeur qui les baigne est moins bactéricide. Si l'on modifie l'ambiance d'un organe en faisant agir sur lui un sérum très bactéricide, il acquiert une immunité passive à laquelle ne participe pas le reste de l'organisme.

PHYSIOLOGIE. — *Influence d'un séjour prolongé à une très haute altitude sur la température animale et la viscosité du sang.* Note (¹) de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M Bouchard.

Les résultats que j'ai rapportés de mes deux premières ascensions au sommet du Mont Blanc (*Comptes rendus,* 11 avril 1904 et 10 juillet 1905) ont fixé quelques effets physiologiques d'un court passage à 4810^{m} d'altitude.

De longues expériences étant impraticables dans l'Observatoire du Sommet, glacial, humide et envahi par la neige, j'ai choisi, pour mes nouvelles recherches, le solide et confortable Observatoire des Bosses, que son fondateur, M. J. Vallot, directeur de la Société du Mont Blanc, a mis à ma disposition en même temps que les ressources de cette société. J'ai pu ainsi, en 1908, étudier à 4350^{m} d'altitude, *pendant douze jours consécutifs,* la température animale et la viscosité du sang. Comme sujets d'expérimentation, j'ai choisi à Chamonix cinq lapins de même âge et de même souche; quatre d'entre eux ont séjourné aux Bosses, le cinquième a servi de témoin.

(¹) Présentée dans la séance du 14 juin 1909.

Tous ont reçu la même nourriture et tous ont été ensuite étudiés comparativement dans le laboratoire de M. Vallot, à Chamonix.

Mes expériences ont duré, en tout, *vingt-deux jours*.

Tableau I. — Résultats obtenus sur les lapins au Mont Blanc et a Chamonix.

Dates.	Température à l'intérieur de l'Observatoire.	Pression barométrique ramenée à H_0.	Températures rectales. — Lapin beige.	gris.	noir.	blanc.	jaune.	Viscosité du sang. — Lapin beige.	gris.	noir.	blanc.	jaune.
					Chamonix.							
	°	mm	°	°	°	°	°					
1908. Août 24..	″	671,4	″	″	39,1	″	″	″	″	″	″	″
					Observatoire.							
» » 25..	+ 9,5	450,3	38,3	37,8	37,6	″	″	″	″	″	″	″
» » 26..	+ 7	449,8	38,7	38,2	38,75	″	″	″	″	″	″	″
» » 27..	+ 7	452,4	38,5	37,5	36,9	″	″	″	″	″	″	″
» » 28..	+ 9	449,5	38,6	37,9	38,1	″	″	3,14	″	″	″	″
» » 29..	+ 8	450,3	″	38,55	38,7	″	″	″	3,88	3,55	″	″
» » 30..	+ 7	446,7	38,6	″	″	″	″	3,70	″	″	″	″
» » 31..	+ 7,05	449,7	38,6	38,7	37,9	″	″	″	″	3,85	″	″
» Sept. 1er.	0	446,5	38,6	38,5	38,4	″	″	4,33	4,29	″	″	″
» » 2..	— 3	445,4	38,4	38,8	37,9	″	″	″	″	4,22	″	″
» » 3..	0	450,5	38,7	39,1	38,8	38,5	″	4,55	3,77	″	″	″
» » 4..	+ 2	448,7	37,1	39,05	39	38,3	″	″	″	3,85	3,55	″
» » 5..	+ 5	449,6	38,6	38,9	38,8	38,7	″	″	″	″	″	″
					Chamonix.							
» » 6..	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
» » 7..	″	672,1	40,3	39,9	40	39,6	″	6	″	″	″	″
» » 8..	″	″	39,9	39,9	39,2	39,6	39	″	4,81	5,92	3,62	2,96
» » 9..	″	″	39,8	39,8	39,5	39,7	39,15	4,96	″	″	″	″
» » 10..	″	″	39,8	39,8	39,2	39,6	39,2	″	″	4,03	3,22	2,88
» » 11..	″	″	39,7	39,6	40	39,7	39,2	″	4,14	″	″	″
» » 12..	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
» » 13..	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
» » 14..	″	″	39,6	39,5	39,55	39,65	39,5	4,81	3,85	4	3,59	3,07
» » 15..	″	″	39,75	39,3	39,4	39,3	39,2	4,88	4	4,40	3,59	2,92

Le Tableau I indique :

1° Les conditions météorologiques (température de l'Observatoire et pression barométrique ramenée à H_0) dans lesquelles j'ai travaillé;

2° La durée du séjour de chacun des animaux à la haute altitude;

3° Les résultats numériques de mes recherches.

Température corporelle à l'altitude. — La température rectale de tous les lapins transportés au Mont Blanc s'est abaissée au-dessous de la normale pendant leur séjour à l'Observatoire. Chacun d'eux a ainsi atteint un minimum thermique différent de celui des autres lapins par son amplitude et son époque d'apparition : la dépression manométrique, due à l'altitude, a donc été la cause efficiente de cette hypothermie qui a elle-même coïncidé, pour chaque animal, avec de graves phénomènes morbides.

Par contre, la descente à Chamonix a été suivie d'une hyperthermie qui a duré plusieurs jours avant de revenir à la normale.

En 1903, j'avais observé, au sommet du Mont Blanc, que notre température axillaire, à Mme Jeanne Bayeux et à moi, était inférieure à la normale (*Comptes rendus,* 11 avril 1904). Mes expériences de 1908 montrent que cette hypothermie n'était pas, comme on me l'avait objecté, un phénomène périphérique causé par le grand froid du Sommet et la fatigue de l'ascension, mais au contraire, ainsi que je l'avais déclaré, un signe de ralentissement des combustions; je l'ai dénommée : la *dyspyrie des altitudes* (*Comptes rendus,* 10 juillet 1905).

TABLEAU II. — PROPORTIONNALITÉ DES PERTURBATIONS PHYSIOLOGIQUES A LA DURÉE DU SÉJOUR.

Animaux soumis aux expériences de haute altitude.	Durée de leur séjour à l'Observatoire Vallot (Mont Blanc).	Oscillations des courbes thermiques. Températures rectales maxima.	minima.	Amplitude oscillatoire des courbes.	Rapport de l'amplitude oscillatoire à la durée du séjour.	à l'unité d'amplitude.	Oscillations des courbes viscosimétriques. Indices de viscosité maxima.	minima.	Amplitude oscillatoire des courbes.	Rapport de l'amplitude oscillatoire à la durée du séjour.	à l'unité d'amplitude.
	jours	°	°	°							
L. beige....	12	40,3	37,1	3,2	2,9 (moy.)	14,5	6	3,14	2,86	2,09 (moy.)	13,93
L. gris.....	12	39,9	37,5	2,4			4,81	3,77	1,04		
L. noir.....	12	40	36,9	3,1			5,92	3,55	2,37		
L. blanc....	3	39,7	38,3	1,4	1,4	7	3,62	3,22	0,40	0,40	2,66
L. jaune....	0	39,2	39	0,2	0,2	1	3,07	2,92	0,15	0,15	1

Viscosité du sang. — Cette seconde partie de mes recherches m'a été inspirée par le professeur Henri Roger. Le sang des lapins a été puisé dans le cœur, et sa viscosité a été déterminée avec l'appareil d'Ostwaldt, modifié par nous et étalonné à l'eau distillée.

Les chiffres du Tableau montrent que :

1° L'indice viscosimétrique du sang augmente momentanément à la haute altitude et redescend lentement vers la normale;

2° Le retour à l'altitude plus basse provoque une nouvelle augmentation, plus forte que la première;

3° La récupération de la viscosité normale se fait ensuite progressivement, mais plus lentement que la température.

Conclusion générale. — Si l'on traduit ces chiffres par des courbes, on voit que leur forme générale est comparable, mais qu'elles ne sont pas superposables : les courbes thermiques diffèrent des courbes viscosimétriques et leurs oscillations ne sont pas parallèles.

Mais si l'on compare entre elles les *amplitudes oscillatoires* des courbes, on constate d'abord que les écarts thermiques peuvent être placés dans le même ordre décroissant que les écarts viscosimétriques, et ensuite que cet ordre est déterminé par la durée du séjour à la haute altitude (Tableau II).

Je crois donc que ces expériences m'autorisent à formuler la conclusion générale suivante :

La température animale et la viscosité du sang subissent, sous l'influence passagère de la haute altitude, des perturbations qui sont proportionnelles à la durée du séjour.

PHYSIOLOGIE. — *Le rhume des foins*. Note de M. **Pierre Bonnier**, transmise par M. Yves Delage.

Le pollen des graminées ne joue qu'un rôle très limité et très accessoire dans la détermination des crises de rhume des foins. Nombreux sont en effet les malades indifférents à l'action de ce pollen, mais très sensibles à celle du mimosa, du muguet, par exemple, ou encore à celle de l'ipéca, de la poudre de riz, du soufre, à certaines odeurs d'origine minérale ou animale, à certains éclairages, à la réverbération du soleil sur l'eau, à l'orientation du vent, à l'exposition des terrains; certains ne sont malades que sur la mer ou sur la neige. Les dates même, parfois très précises, des crises

périodiques varient avec chaque malade et sont le plus souvent sans rapport avec la floraison ou la fenaison.

Physiologiquement, ce rhume est systématiquement constitué par une exaltation paroxystique des sécrétions oculaires, nasales, bronchiques; mais parfois aussi les sécrétions intestinales, vulvaires, urinaires s'exagèrent simultanément. L'extrême susceptibilité qu'acquièrent alors les muqueuses exposées provoquent des réflexes affolés d'expulsion, clignement des paupières, prurit des trompes d'Eustache, éternuements, toux, parfois aussi des coliques et de la polyurie. Cette instabilité réactionnelle a pour origine profonde un affolement de certains centres bulbaires, affolement souvent associé à d'autres désarrois nucléaires, à d'autres pertes d'équilibre fonctionnel dans divers départements organiques. La diathèse ainsi constituée semble souvent n'être qu'une manifestation de la diathèse neuro-arthritique; elle n'est en réalité qu'une diathèse à côté d'autres diathèses dans un bulbe déséquilibré.

Comme toutes les manifestations diathésiques, elle prend volontiers la forme saisonnière, paroxystique, critique, et crée des susceptibilité électives souvent spécieuses, raffinées. La crise passée, ou bien les centres bulbaires reprennent leur équilibre fonctionnel, ou encore ils subissent des crises *inverses,* moins connues des cliniciens, mais néanmoins manifestes. La maladie est alors franchement circulaire.

Le traitement de la crise et de la diathèse doit être recherché moins dans la confection de sérums soi-disant spécifiques que dans la neutralisation de ces susceptibilités.

L'expérience montre que notre pharmacopée est impuissante à régler ces écarts diathésiques. En revanche, tout ce qui émousse l'exaspération périphérique du trijumeau, acide carbonique, adrénaline, soulage momentanément le malade.

Si l'on explore, chez un malade en crise, la muqueuse nasale, l'attouchement léger de certains points définis fait immédiatement éclater une crise. La cautérisation *aussi superficielle et légère que possible* de ces points a généralement pour effet de rompre la susceptibilité réflexe de la muqueuse et de rendre, en général définitivement, aux centres bulbaires leur équilibre fonctionnel. L'effet peut être presque immédiat, si l'on évite l'irritation nasale, ce qui se produit pour les cautérisations trop fortes, et ce qui a été la cause de tant d'échecs pour cette méthode.

Il en est en effet des cautérisations nasales comme des actions médicamenteuses; leur effet varie sensiblement selon la dose. De même qu'un traumatisme violent de la muqueuse ne provoque guère de réflexes spasmodiques et d'affolements nucléaires, tandis qu'un attouchement léger, un frôlement, un chatouillement déclencheront immédiatement des spasmes ou des énervements fonctionnels, de même une cautérisation à peine sen-

sible, aux points critiques, aura sur le bulbe, par l'intermédiaire du trijumeau, une action extrêmement marquée de sédation et de régulation. De tous les traitements du rhume des foins, c'est le plus efficace, l'expérience le montre; c'est aussi le plus direct et le plus rationnel.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations tectoniques du tremblement de terre de Provence.* Note de M. **Paul Lemoine**, présentée par M. Michel Lévy.

Il est actuellement possible de se faire une idée de la répartition géographique des dégâts commis par le terrible tremblement de terre qui vient d'affecter si douloureusement la Provence et d'en déduire par suite la répartition de l'intensité du séisme suivant les points.

Il semble que la région la plus ébranlée coïncide avec la grande dépression miocène jalonnée au Nord par une faille, très nette sur la Carte géologique. Là s'échelonnent : Salon, Pélissanne, Lambesc, Rognes, Puy-Sainte-Réparade. Dans son prolongement vers le Nord-Est, se trouvent Meyrargues, Peyrolles, Jouques, Saint-Paul-lez-Durance, qui, quoique relativement moins éprouvés, sont également assez atteints..

Il semble, d'autre part, que les ébranlements sismiques se soient, pour ainsi dire, épanouis dans la région miocène et oligocène, où se trouvent Saint-Cannat, Puyricard et Venelles, qui sont parmi les villages les plus endommagés [1]. Cette région est celle où se trouvent les vestiges du volcan miocène de Beaulieu (dolérites et basaltes, accompagnés de tufs et de scories); si ce volcan n'est pour rien dans le séisme, ses alentours sont effectivement très éprouvés et l'on y a ressenti, à plusieurs reprises, de nombreuses petites secousses; mais ces secousses sont essentiellement locales et tiennent à la nature du sol (argiles et marnes feuilletées avec intercalations gypseuses essentiellement instables où se produisent de petits tassements).

Par contre, les massifs calcaires résistants paraissent avoir moins souffert que les régions miocènes (les très rares habitations qui s'y trouvent sont généralement peu endommagées) [2].

---

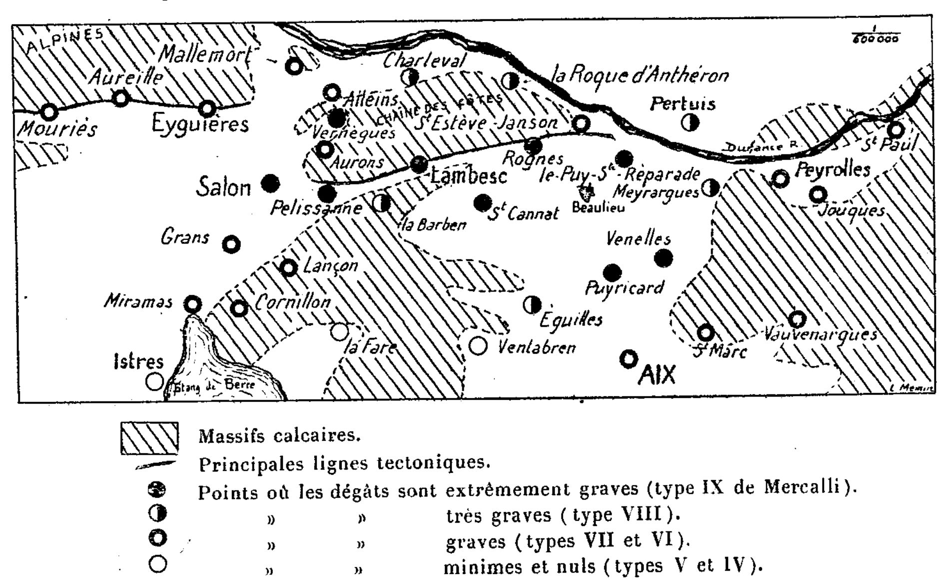
(1) Un épanouissement analogue aurait eu lieu au sud de Salon dans la région miocène de Grans et de Miramas.

(2) Il résulte de ces considérations que le tracé des courbes isoséistes sera délicat et serait actuellement prématuré, la plupart des renseignements se trouvant condensés par commune. Je remercie très vivement ici M. Mastier, préfet des Bouches-du-Rhône, de ceux qu'il a bien voulu me faire communiquer, ainsi que toutes les personnes qui m'ont déjà renseigné sur les effets du séisme.

Une seconde zone affectée se trouve plus au Nord sur le prolongement de la faille du sud des Alpines; là s'alignent les villages de Mouriès, Aureille, Eyguières, Alleins, Charleval, La Roque-d'Anthéron. L'intensité du tremblement de terre semble y croître de l'Est vers l'Ouest pour être maximum à hauteur de Charleval et de La Roque-d'Anthéron, précisément en face du maximum (Lambesc, Rognes) de la ligne précédente.

Il semblerait aussi qu'au sud d'Aix, dans une région en somme peu affectée (intensité généralement inférieure à V de l'échelle Mercalli), il y ait des zones de plus ou moins grande intensité; mais il est très difficile de se faire actuellement une opinion à cet égard.

Carte schématique des principaux points affectés par le tremblement de terre du 11 juin 1909.



En résumé, les lignes tectoniques principales de la région coïncident d'une façon très remarquable avec les régions les plus éprouvées, de telle sorte que l'origine tectonique du tremblement de terre ne paraît pas douteuse. On trouvera un autre argument à cet égard dans ce fait qu'entre Puy-Sainte-Réparade et Meyrargues, par exemple, toutes les façades sud des maisons ont été renversées.

Tout se serait donc passé comme si un mouvement tangentiel vers le sud des massifs calcaires, et en particulier de la chaîne des Côtes au nord de Lambesc et de Rognes, avait eu lieu. Ce mouvement aurait eu une tendance à écraser les régions miocènes ou oligocènes plus faibles, tandis que les

massifs calcaires restaient relativement plus stables ou tout au moins ne subissaient pas de mouvements ondulatoires de grande étendue.

Il en résulterait une conclusion très optimiste : c'est que ce mouvement une fois terminé, l'état d'équilibre étant atteint, il y a peu de chances pour qu'il se reproduise d'ici longtemps.

GÉOLOGIE. — *Aperçu géologique sur les régions situées à l'est et au nord-est du Tchad.* Note de M. G. **Garde**, présentée par M. A. Lacroix.

Le Kanem, la région du Gazal, le Chitati, le Manga, le Bodeli, qui s'étendent à l'est et au nord-est du Tchad et que j'ai explorés avec mes camarades de la mission Tilho, sont recouverts par un puissant manteau de sables dont on ne peut pas évaluer l'épaisseur, car nulle part je n'ai pu observer leur soubassement, et aucun pointement rocheux n'affleure au milieu de ce désert.

Dans le *Kanem,* ces sables forment de grands monticules qui ont souvent 2^{km} à 3^{km} de long sur 1^{km} à 2^{km} de large, et 60^m à 80^m de haut, et qui sont enchevêtrés les uns dans les autres.

Ces monticules, que séparent de vastes et profondes cuvettes au fond argilo-calcaire, sont les analogues des îlots de sables qui existent dans le Tchad, que ces îlots forment des archipels comme dans le sud-est de ce lac, ou qu'ils soient totalement exondés comme dans la partie septentrionale.

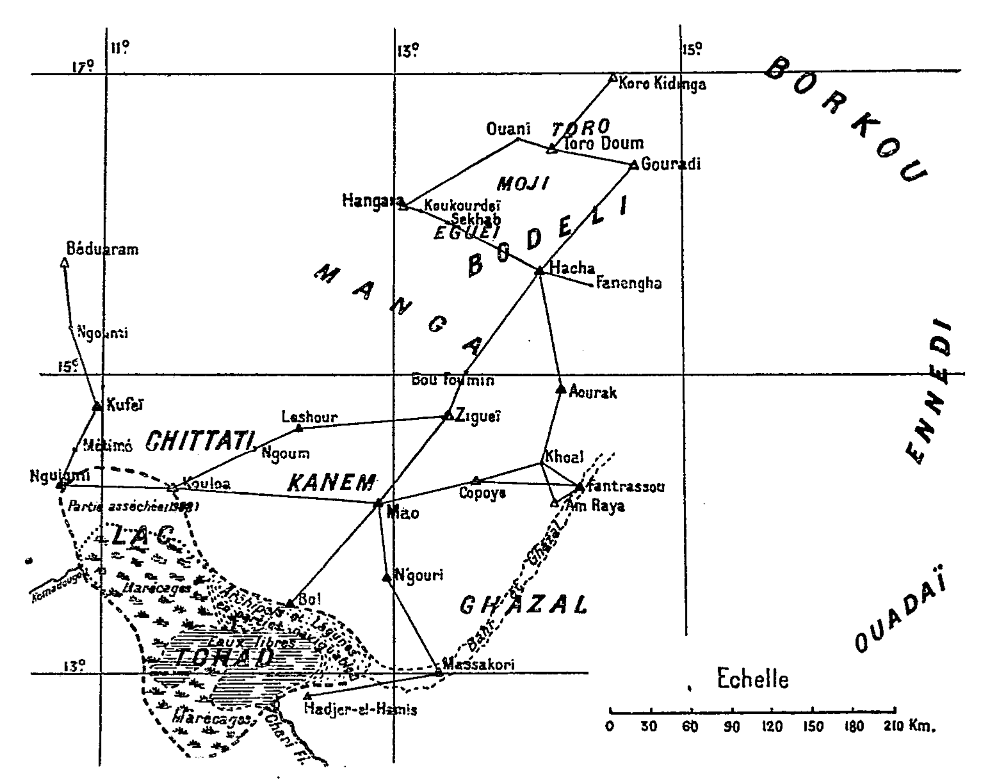
La *région du Gazal* et le *Chitati* sont également accidentés par de grandes cuvettes, creusées dans les sables, tantôt isolées, tantôt reliées plusieurs ensemble.

Le *Manga* est une contrée, à peu près unie, dépourvue d'eau, et presque privée de végétation, qui mène du plateau du Kanem aux régions déprimées de l'*Eguéï,* du *Toro* et du *Koro.*

Ces trois dernières régions, ainsi que l'avait observé Nachtigal, sont plus basses que le niveau du Tchad. Les mesures récentes de MM. Audoin et Lauzanne placent l'Eguéï de 10^m à 15^m, le Toro de 55^m à 60^m et le Koro à environ 95^m au-dessous de ce lac.

Dans l'Eguéï, le Toro et le Koro, où l'eau existe abondamment à une très faible profondeur, les sables, qui constituent toute la masse du sol et du sous-sol, sont surmontés en maints endroits par des lambeaux de dépôts argilo-calcaires ou sablo-calcaires, d'origine sédimentaire, et ordinairement coquillifères.

Dans l'Eguéï et dans le sud-est du Toro, tout autour de Gouradi, ces lambeaux, de formations sédimentaires, occupent le fond ou le flanc de légères dépressions creusées dans le sable. Dans tout le reste du Toro, ces dépôts appartiennent à une nappe, autrefois continue, que l'érosion aérienne a découpée et déchaussée en de nombreux points et que des dunes de 20^m à 30^m recouvrent en de nombreux autres.



Carte dressée par le lieutenant Richard, de la mission Tilho.

Jusqu'à présent, on n'avait recueilli dans ces formations sédimentaires que des vertèbres de Poissons, signalées par Nachtigal, et que des coquilles de Mélanies rapportées par le capitaine Mangin.

J'ai recueilli dans un grand nombre de points, et en grande quantité, un certain nombre d'espèces de coquilles que M. Germain a bien voulu déterminer.

A Hangara, Sekhab, Hacha, Fanengha, etc., dans l'Eguéï, ce sont : *Melania tuberculata* Müll., *Planorbis Bridouxi* Bourg., *Physa tchadiensis* Germ., *Corbicula*

Lacoini Germ., *Valvata Tilhoï* Germ., toutes espèces (à part *Valvata Tilhoï*, non encore signalée) qui font encore partie de la faune actuelle du Tchad.

Dans le Toro, soit à Gouradi, soit sur le chemin de Toro Doum à Koro Kidinga, soit sur celui d'Ouani à Hangara, ce sont encore les mêmes formes que j'ai recueillies.

Enfin, dans le Koro, je n'ai trouvé que des restes de Poissons, les mêmes que ceux de l'Eguéï et du Toro.

L'envahissement, par les eaux, de l'Eguéï, du Toro, du Koro, à une époque relativement récente, est donc un fait certain. D'où venaient ces eaux? Provenaient-elles du trop-plein du Tchad, ou bien étaient-elles amenées par d'anciens cours d'eau venant du Nord et de l'Est, du Tibesti et du Borkou? On ne pourra le savoir que lorsque ces dernières régions et celles qui les avoisinent auront été plus complètement explorées.

Quant à la portion du *Bahr el Gazal* que j'ai visitée, elle ne possède aucun des caractères d'une vallée, et les nombreuses théories qui, depuis Nachtigal, ont été développées pour en faire soit un effluent, soit un affluent du Tchad, ne pourront, elles aussi, être vérifiées qu'après l'exploration totale de ce large sillon.

D'après les mesures altimétriques de MM. Audoin, Lauzanne et Vignon, Massakori est à 6^m, Fantrassou à 1^m seulement et, entre ces deux localités, plusieurs points sont de 10^m à 15^m au-dessus du niveau du Tchad.

Dans les formations sédimentaires argilo-calcaires rencontrées par nous dans le Bahr el Gazal, en face d'Am Raya, j'ai recueilli une petite faune de Mollusques, qui est un peu différente de celle de l'Eguéï, mais qui, elle aussi, vit encore dans le Tchad. M. Germain y a reconnu : *Vivipara unicolor* Oliv., *Bythinia Neumanni* von Mart., *Melania tuberculata* Müll., *Physa trigona* von Mart., *Planorbis Bridouxi* Bourg., *Planorbis Chudeaui* Germ., *Unio Lacoini* Germ., *Corbicula* sp.

GÉOLOGIE. — *Sur les brèches de friction dans les surfaces de charriage du Péloponèse.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Pierre Termier.

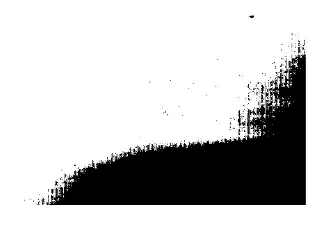
On devait s'attendre à rencontrer dans le Péloponèse, comme conséquence naturelle du charriage, de nombreuses surfaces de glissement. Cependant, malgré mes longues recherches, je n'ai à citer, comme surfaces de glissement attribuables au charriage, que celle d'un bloc de calcaire lithographique avec stries, de plusieurs mètres cubes, détaché sans doute de la nappe au

mont Ithôme et gisant actuellement au nord du couvent de Vulcano, et celle d'un autre bloc, de jaspe, moins volumineux, gisant au sud du même couvent. Cette rareté des surfaces de glissement doit être attribuée au grand développement de brèches au contact de la nappe avec son substratum. Partout, en effet, où des surfaces dures, particulièrement calcaires, se trouvaient en contact, elles ont donné lieu à des brèches puissantes, pouvant atteindre quelquefois plusieurs mètres et même plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Les brèches les plus importantes s'observent lorsque les calcaires lithographiques de la série supérieure de la nappe (¹) viennent au contact, par reploiement, avec les calcaires sombres, nummulitiques, du substratum, comme cela arrive au mont Ithôme. Dans ce cas, les calcaires lithographiques, de couleur claire, forment les éléments principaux de la brèche ; cependant peu à peu s'intercalent dans celle-ci des fragments du substratum, surtout de calcaire sombre, mais aussi de grès et de schiste. Il n'est pas rare d'ailleurs de trouver des brèches complètement formées des éléments du substratum ; l'effet du charriage s'est même fait sentir assez profondément dans ce dernier, car on y observe souvent des bancs bréchoïdes comme à Sopoto, superposés et séparés par des couches non bréchoïdes de calcaire marneux, jaunâtre ou verdâtre, qui a aussi fourni des éléments à la brèche ; ces éléments ressortent, en couleur claire, sur le fond sombre de la masse de la brèche et lui donnent un aspect caractéristique. Dans ces brèches sombres, on rencontre souvent des *Nummulites* plus ou moins déformées, comme au mont Ithôme, à Chanakia en Messénie, à Kaboussi et Koumani contre l'Olonos.

Il arrive quelquefois que la nappe repose sur son substratum par la partie inférieure du calcaire supérieur, les séries inférieures ayant disparu par étirement : cela arrive particulièrement dans les parties bombées du substratum qui ont crevé la nappe. Dans ce cas la brèche contient des fragments violacés empruntés aux couches inférieures de la série calcaire et est d'un très joli effet, comme à Koumani et à Bouba près de Kaloussi, au nord de l'Olonos.

Cependant la fragmentation des roches et la formation des brèches ne sont pas, semble-t-il, le dernier mot des efforts mécaniques énormes auxquels les terrains ont été soumis ; la fragmentation ne serait qu'un stade d'un phénomène plus énergique encore, la trituration. Aux environs du contact, soit le calcaire lithographique de couleur claire, soit le calcaire compact sombre nummulitique du substratum, passent à un faciès finement cristallin et cela souvent par transition brusque. On peut détacher

(¹) Ph. Négris, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1008.



de la roche des blocs présentant le faciès lithographique et le faciès cristallin séparés par une limite ondulée. On observe aussi le passage graduel du faciès finement cristallin au faciès bréchoïde avec fragments de plus en plus gros, de façon à ne point douter que les faciès finement bréchoïdes et cristallins ne proviennent de la trituration de la roche et de sa cristallisation ultérieure.

Dans tout ce qui précède, le substratum était supposé nummulitique. La brèche se présente encore lorsque le substratum est formé de calcaire en plaquettes crétacé [1]. Mais, comme cela se présente généralement dans des parties bombées du substratum, les séries inférieures de la nappe manquent encore ici, et c'est le calcaire de la série supérieure qui vient au contact du calcaire crétacé; aussi la brèche est-elle formée presque exclusivement de fragments de calcaire clair de la nappe et de calcaire gris du Crétacé, avec quelques fragments de la série jaspique disparue, généralement verts : cette brèche se rencontre partout où nous avons signalé, dans la Note citée précédemment, des fenêtres de la nappe, montrant le Crétacé, et particulièrement sur le mont Voïdia et sur ses flancs.

On peut se demander ce que devient le contact, lorsqu'il a lieu par la série jaspique, comme cela se présente le long de la route Patras-Kalavryta. Nous avons exposé dans la Note précitée que le contact est souvent chaotique, à la suite probablement du croisement des plis miocènes avec les plis éocènes ou crétacés qui produisent à la rencontre un broiement des couches; on a en effet en ces points spéciaux l'apparition de direction NE et WNW des plis crétacés et éocènes, qui interrompent les plis miocènes, ou pindiques, voisins de la méridienne. Mais on a souvent aussi une concordance apparente de la nappe et du substratum sans intercalation de brèches. Cela tient aux couches marneuses plus ou moins plastiques qui s'interposent entre la série jaspique et la série crétacée.

Des brèches encore calcaires, à fragments plus réduits, se retrouvent au mont Ithôme, dans le corps de la nappe, à la surface de séparation de la série des calcaires supérieurs d'avec la série gréseuse, avec laquelle elle vient en contact par étranglement de la série jaspique. Cela n'a pas lieu de nous étonner, les efforts de traînage le long de cette surface ayant été considérables, comme l'indique l'étranglement de la série jaspique; et ainsi a de nouveau pris naissance une brèche qui, il est vrai, est loin d'avoir l'importance de la brèche au contact de la surface de charriage.

---

(1) Ph. Négris, *Comptes rendus*, t. CLXVII, p. 1433.

GÉOLOGIE. — *Note sur l'emplacement des localités qui semblent avoir été le plus souvent éprouvées dans le tremblement de terre du* 11 *juin* 1909. Note de M. **Jullien**, présentée par M. Henri Douvillé.

Les récents phénomènes sismiques qui ont secoué toute la région sud-est de la France, des Alpes aux Cévennes, ont attiré l'attention sur le territoire nord-est d'Aix en Provence. Cette localité est célèbre dans le monde scientifique par les découvertes géologiques et paléontologiques qui y ont été faites dans les terrains lacustres l'environnant. Au Sud, le bassin de Fuveau avec ses mines de combustible crétacé, presque aussi riches que celles des bassins carbonifères, les calcaires daniens de Rognac et éocènes du Montaiguet sont universellement connus. Au Nord, les dépôts oligocènes qui ont fourni de superbes fossiles, plantes, insectes, poissons, ont rendu classiques les plâtrières d'Aix. Le terrain qui les renferme a pris le nom de *Sextien* synchronique du Stampien du bassin de Paris. L'existence du lac Sextien semble avoir une corrélation avec la catastrophe actuelle.

J'ai relevé les noms, donnés par la presse, des localités plus particulièrement sinistrées. Tous ces lieux viennent se disposer sur les bords présumés du lac ou sur son déversoir probable dans le bassin marin rhodanien : à l'Est, au point où le lac recevait probablement son alimentation, Peyrolles et Meyrargues; en se dirigeant vers le Sud, Venelles et les quartiers ouest d'Aix; au Sud, Éguilles et Saint-Cannat; à l'Ouest, à l'entrée probable du déversoir, Lambesc; sur le déversoir Pélissanne et Salon; au Nord, Rognes, Puy-Sainte-Réparade et Pertuis. La localité de Vernègues au nord-ouest de Lambesc était peut-être sur un prolongement du lac, les dépôts de molasse helvétienne, qui masquent les dépôts sous-jacents, ne permettent pas de l'affirmer. Le village de Puyricard, où l'on signale des dégâts matériels, est au centre du lac.

Origine du lac et sa sédimentation. — La ville d'Aix est située sur un anticlinal principal Est-Ouest faisant partie du plissement général de Provence. Cet anticlinal est compris entre celui de l'Étoile, au Sud, et celui du Luberon, au Nord.

Le synclinal sud, ou bassin de l'Arc, a été occupé par un lac à la fin de la période crétacée et pendant tout l'Éocène. Les barres calcaires surélevées du Cengle, du Montaiguet, de Roquefavour et de Rognac semblent être les témoins de l'exhaussement général du sol à la fin de l'Éocène. Avec ce mouvement semble coïncider l'apparition d'un nouveau lac dans le synclinal nord : c'est le lac Sextien déposant ses sédiments sur le Crétacé inférieur. Les premiers dépôts furent détritiques et vaseux. Une sédimentation calcaire puissante leur succéda pendant toute la durée de l'Oligocène. Au

Sud, entre Aix et Éguilles, des dépôts de gypse importants, dus probablement à des sources thermo-minérales, s'interposèrent entre les argiles et les calcaires.

La transgression miocène envahit le territoire, un golfe pénétra jusqu'au delà d'Aix, tandis qu'une grande partie des eaux alla baigner le pied du Luberon, au Nord.

Après la régression marine, probablement pendant les grands mouvements sismiques du Pliocène (les dépôts de molasse helvétienne sont soulevés comme l'Oligocène), la masse calcaire de l'ancien lac Sextien, résistant aux pressions latérales, s'exhaussa de plus de 100^m par rapport aux régions voisines moins résistantes, et l'emplacement de l'ancien lac Sud subit des tassements et même des effondrements.

Les hauts plateaux entre l'Arc et la Durance occupés par l'ancien lac Sextien, produits à une période géologique relativement récente, auraient-ils actuellement une tendance à se tasser comme l'a fait antérieurement l'emplacement du lac Sud? La catastrophe récente semble l'indiquer.

Une étude approfondie des terrains occupés aux périodes géologiques par des lacs et la vérification minutieuse des terrains actuellement sinistrés pourraient peut-être amener à formuler les propositions suivantes :

1° Les sédiments calcaires d'un lac ont d'abord tendance à résister aux pressions latérales et à s'exhausser en bloc lors des premiers mouvements sismiques qui succèdent à leur existence; puis à se tasser, à se disloquer et même à s'effondrer sous les efforts des mouvements ultérieurs.

2° Les contours calcaires de ces lacs au contact de sédiments plus plastiques sont, avant les tassements définitifs, des points de l'écorce terrestre relativement dangereux.

HYDROLOGIE. — *Les oxydases des eaux de la Chaldette (Lozère).* Note de M. F. **Garrigou**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une Note insérée dans les *Comptes rendus* du 25 avril 1904, j'ai dit qu'il existait des composés colloïdaux dans presque toutes les sources minérales.

Je n'ai cessé, depuis lors, de faire cette même constatation dans les sources naissant même dans les terrains granitiques.

L'exemple que m'a fourni la source de la Chaldette (Lozère) est un des plus intéressants, vu la situation de cette source.

Ces eaux naissent à l'altitude de 1000^m, sur un plateau granitique d'une étendue énorme. Elles sourdent dans une cassure Nord-Sud, concomitante des plissements alpins.

Leur débit est de $33^l,3$ par minute; leur température est de 32°,6. Elles sont incolores, limpides et ont une odeur très légèrement sulfurée.

Ses éléments minéralogiques sont : les acides carbonique et sulfurique, la silice, le chlore, avec soude, potasse, lithine, chaux, magnésie, alumine, fer, manganèse, cuivre, arsenic, et d'autres métaux que j'énumérerai dans son analyse complète (¹).

L'examen de l'eau au dialyseur y décèle une série de substances cristalloïdes et une série de substances colloïdes. C'est avec ces dernières que se trouvent tous les métaux.

On isole des matières cristalloïdes, au moyen de l'hydrate de baryte, une substance cristallisant en aiguilles et soluble dans la benzine.

C'est après avoir calciné la substance colloïdale qu'on peut constater la présence des métaux ci-dessus indiqués.

Leur existence à l'état colloïdal permet d'expliquer, d'après les expériences de Trillat, Lumière, Albert Robin, Bardet, etc., les diurèses intenses et les débâcles intestinales provoquées chez certains malades fréquentant cette station.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 1er juin 1909 (suite).

Jahrbücher der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie u. Geodynamik; neue Folge, Bd. XLIV, Jahrgang 1907. Vienne, 1909; 1 fasc. in-4°.

Annales de l'Observatoire royal de Belgique; nouvelle série : *Annales astronomiques;* t. XI, fasc. 2; travaux publiés par les soins de G. Lecointe, directeur scientifique du Service astronomique. Bruxelles, Hayez, 1908; 1 vol. in-4°.

Veröffentlichungen der königlichen Sternwarte zu Bonn, herausgegeb. v. Direktor Friedrich Kustner. N° 8 : *Einzelne Beobachtungen der Zone* + 40° *bis* 50° *Bonn, des Kataloges der Astronomischen Gesellschaft,* von C. Mönnichmeyer. N° 11 : *Der Sternhaufen Messier* 46, *nach photographischen Aufnahmen am Bonner Refraktor*

(¹) Le résidu salin de 1^l d'eau de la Chaldette à 110° est de $0^g,775$.

von F. Küstner, ausgemessen und bearbeitet von Dr WALTHER ZURHELLEN. Bonn, Friedrich Cohen, 1909; 1 vol. et 1 fasc. in-4°.

Sur une cause possible de la glaciation du globe terrestre, par ACH. GRÉGOIRE. (Extr. du *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol.;* t. XXIII, séance du 27 avril 1909.) Bruxelles; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Neue Orchideen des malaiischen Archipels, III, von J.-J. SMITH. (*Bull. du Dép. de l'Agriculture aux Indes néerlandaises;* n° 22.) Buitenzorg, 1909; 1 fasc. in-8°.

Nachrichten von der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen: Mathematisch-physikalische Klasse, 1909, Heft 1. Berlin, Wiedmann, 1909; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 10 mai 1909.)

Note de M. *Kolossof*, Sur les problèmes d'élasticité à deux dimensions :

Page 1242, dans la formule (2), *au lieu de*

$$\frac{R-\Phi}{h^2}=\beta\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\eta}+\alpha\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\xi}+\varphi,$$

lisez

$$\frac{R-\Phi}{h^2}=\beta\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\eta}+\alpha\frac{\partial(R+\Phi)}{\partial\xi}+\psi.$$

Page 1243, ligne 10, *au lieu de*

$$\alpha+i\beta=-\frac{c^2}{4}-(\sin h 2\xi+i\sin 2\eta),$$

lisez

$$\alpha+i\beta=-\frac{c^2}{4}(\sin h 2\xi+i\sin 2\eta).$$

Page 1243, ligne 12, *au lieu de*

$$\zeta=-i\log\frac{z^2-c^2}{z^2},\qquad \textit{lisez}\qquad \zeta=-i\log\frac{z^2-c^2}{c^2}.$$

Page 1243, ligne 20 *au lieu de*

$$\bar{f}(\xi+i\eta),\qquad \textit{lisez}\qquad \bar{f}(\xi-i\eta).$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUIN 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Edmond Perrier** et le prince **Roland Bonaparte** rendent compte des fêtes qui viennent d'avoir lieu à Cambridge, en l'honneur de Darwin, pour le *Cinquantenaire de la publication de l'Origine des espèces,* fêtes auxquelles ils ont représenté l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales de première espèce.* Note de M. **Émile Picard**.

1. Dans une Communication récente (*Comptes rendus*, 14 juin 1909), j'ai donné la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation fonctionnelle en F (y)

$$f(x)=\int_a^b \mathrm{K}(x,y)\,\mathrm{F}(y)\,dy \tag{1}$$

ait une solution. J'ai supposé que les données $f(x)$ et $\mathrm{K}(x,y)$ étaient continues, mais je n'ai pas indiqué explicitement les hypothèses faites sur $\mathrm{F}(y)$. Quoique ces hypothèses résultent, sans aucune incertitude, de l'énoncé complet du théorème de M. F. Riesz [1] que j'ai utilisé dans ma démonstration, je ne crois pas inutile de donner sous sa forme la plus précise l'énoncé de la proposition que j'ai établie.

---

[1] Une seconde démonstration du théorème de M. F. Riesz a été donnée par M. Ernest Fischer dans une Note des *Comptes rendus : Sur la convergence en moyenne* (13 mai 1907).

Les notations sont les mêmes que précédemment relativement à λ_n et a_n. Nous avons alors le théorème suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour que l'équation (1) *puisse être résolue au moyen d'une fonction* $F(y)$ *intégrable et de carré intégrable est que la série*

$$\sum \lambda_n^2 a_n^2$$

soit convergente.

2. Dans bien des cas évidemment le noyau $K(x, y)$ pourra devenir infini sans que la théorie développée cesse d'être applicable. J'ai indiqué (*loc. cit.*) le cas du potentiel logarithmique, en cherchant à quelle condition la solution du problème de Dirichlet dans le plan peut se mettre sous la forme d'un potentiel logarithmique de simple couche, dont la densité satisfasse à la condition imposée plus haut à F.

Pour donner un exemple très simple, prenons un cercle de rayon différent de l'unité. La réponse au problème posé sera la suivante : en désignant par a_n et b_n les coefficients de Fourier (au sens le plus ordinaire) pour la fonction donnée sur la circonférence, la condition sera que la *série*

$$\sum n^2(a_n^2 + b_n^2)$$

soit convergente.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les gaz des fumerolles volcaniques.* Note de M. **Armand Gautier.**

A la suite de mes recherches sur les produits gazeux extraits des roches primitives et sur l'origine de ces gaz [1], j'ai été amené à formuler une nouvelle théorie des phénomènes volcaniques [2]. Elle est fondée sur cette observation que les roches les plus anciennes, et les roches ignées elles-mêmes, contiennent toutes une notable proportion d'eau de *combinaison*,

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 647, 965, 1276; t. CXXXII, p. 58, 189, 740, 932; t. CXXXVI, p. 16; *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXIX, p. 191.

[2] *Annales des Mines*, mars 1906, p. 316 et suivantes; *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 1382 et 1465; t. CXLIII, p. 7; *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, novembre 1907, p. 463.

eau qui ne se dégage pas à 200°-250°, même dans le vide, mais qui devient libre au rouge. J'ai fait remarquer que lorsque, par suite de la rupture d'équilibre des couches terrestres (conséquence de leur retrait variable suivant leur nature, de leur refroidissement inégal sous les mers et sous les continents, de la répartition sans cesse modifiée des charges, qui diminuent sur les terres émergées ravinées par les eaux, et qui augmentent au contraire dans le bassin des mers), il se produit tout à coup des fractures ou écrasements dans les couches rocheuses, les fentes et failles qui en résultent sont injectées, dans leurs parties les plus profondes, par les laves sous-jacentes que comprime le poids énorme des terrains superposés. Dès lors, pénétrées de laves incandescentes, ces roches se réchauffent localement et laissent dégager leur eau de constitution. Ainsi libérée, l'eau, réagissant sur les matériaux ambiants et principalement sur les principes ferrugineux de ces roches, produit, comme je l'ai expérimentalement établi, un énorme volume de gaz qui tendent à s'échapper avec l'excès de vapeur d'eau elle-même et les laves qu'ils entraînent à travers les failles terrestres jusqu'aux cheminées volcaniques.

D'autre part, j'ai reconnu que l'acide carbonique, lorsqu'on le fait agir au rouge sur l'hydrogène sulfuré, donne un mélange de vapeur d'eau, d'oxyde de carbone et d'oxysulfure de carbone. Ces conditions semblent se réaliser dans les profondeurs d'où sortent les laves fondues. On sait, en effet, qu'il se dégage de ces régions profondes des torrents d'acide carbonique et que la vapeur d'eau, au contact des sulfures métalliques, donne des oxydes et de l'hydrogène sulfuré. A côté de l'acide carbonique, de l'hydrogène, de l'azote, quelquefois de l'oxyde de carbone, du gaz sulfhydrique, du méthane qu'on peut rencontrer dans les émanations volcaniques (autant de gaz fournis aussi par les roches primitives lorsqu'on les chauffe au rouge) (¹) trouve-t-on normalement cet oxysulfure de carbone que j'ai trouvé dans mes expériences?

Je n'ai pas trouvé d'oxygène dans les gaz extraits des roches anciennes : les gaz des fumerolles volcaniques contiennent-ils réellement de l'oxygène, comme l'ont admis Ch. Sainte-Claire Deville et Fouqué et comme il semble résulter de la plupart des analyses publiées jusqu'ici? Cet oxygène, s'il y existe, a-t-il réellement une origine profonde? Serait-il emprunté à l'air qui s'introduirait du dehors à travers les feuillets mal soudés du cône volca-

(¹) Voir les sources citées aux notes de la page précédente et aussi *The Gases in Rocks*, par R.-Th. Chamberlin, p. 14 (Washington, 1908).

nique formant cheminée d'appel? Serait-il simplement dû à une faute d'expérimentation au moment de la prise du gaz?

La vapeur d'eau elle-même qui a jusqu'ici paru sortir des volcans au moment de l'éruption, souvent en si grande quantité qu'elle forme d'épais nuages qui retombent en pluies, cette vapeur, que presque tous les observateurs ont affirmé constituer la partie la plus importante des fumerolles, même les plus chaudes, existe-t-elle dans les gaz volcaniques, ainsi qu'on pense l'avoir constaté, ou bien ces gaz seraient-ils au contraire sensiblement anhydres et la fumée des volcans serait-elle surtout formée d'acide chlorhydrique et de sel ammoniac, comme l'affirme M. Brun, de Genève?

J'avais en 1900 trouvé l'argon et des traces d'hélium dans les gaz sortis des roches primitives portées au rouge. Ces gaz existent-ils dans toutes les émanations volcaniques ainsi que le voudrait ma théorie?

C'est pour résoudre ces questions, et d'autres encore, que j'ai été conduit à aller recueillir, à deux reprises, les gaz des fumerolles du Vésuve, une première fois peu de jours après la grande éruption d'avril 1906 (1), une seconde fois vers le milieu d'octobre 1907. M. Mateucci, l'aimable et distingué directeur de l'Observatoire du Vésuve, et M. le professeur V. Gauthier, de Naples, ont bien voulu m'aider sur place dans ces recherches; je suis heureux de pouvoir leur en exprimer aujourd'hui toute ma gratitude.

Recueil des gaz des fumerolles. — Des réservoirs cylindriques R, en verre, de 200^{cm^3} à 250^{cm^3} de capacité, terminés par un tube semi-capillaire de 35^{cm} de longueur, sont préalablement remplis d'acide carbonique sec, vidés à la trompe, de nouveau remplis du même gaz, vidés et fermés enfin à la lampe. Quand on veut recueillir les gaz des soufflards, on introduit avec précaution le tube semi-capillaire, aussi profondément que possible, dans la fente de la roche à fumerolles; on bouche cette fente autour du tube avec des cendres et du plâtre gâché, pour empêcher l'accès de l'air extérieur, puis, faisant légèrement porter à faux la pointe effilée du tube du réservoir vide, on la casse en plein jet gazeux. On retire alors lentement le réservoir R, l'extrémité de son tube terminal restant toujours dans la fente rocheuse; on le laisse refroidir; on constate la température et la pression atmosphérique et l'on scelle à la lampe éolypyle (2). On peut alors transporter au loin le

(1) Je fus arrêté la première fois par une éruption secondaire qui suivit à quelques jours d'intervalle la grande éruption d'avril 1906.

(2) Nous avons depuis amélioré un peu cette méthode, comme nous l'indiquerons plus tard.

gaz ainsi recueilli et, grâce à la pompe de Schlœsing, l'extraire pour l'analyse.

Dans mes expériences, désirant constater la présence ou l'absence dans ces gaz de l'oxysulfure de carbone et des chlorures que l'eau décompose, j'ai dû soustraire ces corps aussitôt que possible à l'action de la vapeur d'eau. Dans ce but, avant de vider d'air et fermer le réservoir R, j'y avais introduit soit quelques fragments de chlorure de calcium poreux bien neutralisé d'avance, soit un peu de neige d'anhydride phosphorique, corps destinés à absorber immédiatement la vapeur d'eau des gaz captés. Le chlorure calcique permet en outre de fixer les fluorures gazeux, s'il en existe.

Quand, au laboratoire, on cassait sur la cuve la pointe des tubes scellés, le mercure montait dans le réservoir et y remplaçait la vapeur d'eau absorbée, permettant ainsi de mesurer, tous calculs faits, le volume à 15° des gaz résiduels. Nous nous sommes d'ailleurs assuré que le volume disparu était bien dû à de la vapeur d'eau : elle avait liquéfié l'anhydride phosphorique.

On remarquera que, jusqu'en 1906, les expérimentateurs ont généralement recueilli les gaz des fumerolles mélangés à l'eau qui les accompagne, ou même sous l'eau, condition qui ne permet pas de mesurer la quantité d'eau contenue dans ces gaz, ni même d'affirmer nettement sa présence. L'eau a surtout pour fâcheux effet de faire disparaître assez rapidement ou de détruire l'oxysulfure de carbone, l'oxychlorure $COCl^2$, les chlorures et fluorures de silicium et de bore, etc. L'eau soustraite du mélange, tous ces corps pouvaient persister, au contraire, dans les gaz transportés loin de leur lieu d'émergence.

Voici maintenant quelques-unes de mes analyses :

A. *Gaz des fumerolles du Vésuve captés non loin du sommet du cône, trois mois après l'éruption.*

a. Réservoir à gaz de 202^{cm^3} à 15°, ayant reçu d'avance $0^g,18$ de P^2O^5 en neige. Volume des gaz restants à 15° et 760^{mm}, après absorption de la vapeur d'eau par $P^2O^5 = 52^{cm^3},5$. Volume *approximatif* (1) de la vapeur d'eau disparue, $110^{cm^3},7$ (calculée à 15° et 760^{mm}). La température de ces fumerolles dépassait 300°.

---

(1) Calculé en tenant compte des conditions approximatives de la température du récipient (40° à 45°) et de la pression locale (environ 670^{mm}) au moment où ces gaz ont été recueillis. Dans le calcul de l'analyse, ces données n'influent légèrement que sur la quantité relative de vapeur d'eau.

Ces gaz donnèrent à l'analyse les résultats suivants :

	Composition brute des gaz secs.	Composition centésimale des gaz secs.	Composition centésimale en tenant compte de la vapeur d'eau.
Acide chlorhydrique.........	1,28	2,42	0,78
Anhydride carbonique.......	17,95	34,19	11,03
Oxyde de carbone...........	nul	nul	nul
Hydrogène.................	2,02	3,87	1,24
Oxygène..................	6,06	11,54	3,72
Azote..................... / Argon et congénères.........	25,19	49,98	15,49
Vapeur d'eau...............	—	—	67,74
	52,50	100,00	100,00

Je me suis assuré que ces gaz ne contenaient ni oxyde de carbone, ni hydrocarbures d'aucune sorte, ni oxydes d'azote, ni acide sulfureux, ni acide sulfhydrique; ils ne déposèrent aucune trace de soufre. On n'y trouva pas d'acide fluorhydrique ni d'autres fluorures, de silicium ou de bore ([1]). On y reconnut une trace d'acide formique.

L'oxysulfure de carbone fut soigneusement recherché dans ce gaz. Il en était totalement absent quoiqu'on eût pris la précaution de le soustraire, aussitôt recueilli, à l'action ultérieure de la vapeur d'eau qui le transforme assez rapidement en hydrogène sulfuré et acide carbonique. L'hydrogène sulfuré ni le soufre ne furent constatés dans nos gaz. Cette absence d'oxysulfure de carbone ou de ses produits de décomposition, dans ces émanations volcaniques, s'explique par l'action de la vapeur d'eau qui, dès qu'elle est prépondérante, décompose totalement l'oxysulfure déjà dans les profondeurs. Mais cet oxysulfure de carbone a été signalé dans les fumerolles volcaniques très chaudes ([2]). On l'a trouvé dans quelques eaux minérales d'origine éruptive, et j'ai constaté moi-même qu'il se forme abondamment quand la vapeur de soufre mêlée d'hydrogène ou l'hydrogène sulfuré passe sur les roches silicatées portées au rouge vif.

Nous discuterons plus loin si l'oxygène trouvé dans ce gaz (et reconnu

([1]) M. Lacroix a signalé quelquefois de petites quantités d'acide borique cristallisé dans les dépôts formés par les fumerolles les plus chaudes (Voir *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 164). Mais je n'ai pu déceler le bore dans les gaz captés à cette époque.

([2]) Voir Moissan, *Traité de Chimie*, t. II, p. 318.

dans presque toutes les analyses des fumerolles) provient ou non de l'air, et nous donnerons aussi la composition de l'azote brut en gaz rares.

b. *Autres fumerolles.* — Même date. Réservoir à gaz de 197^{cm^3} à 15°. Il avait reçu d'avance 125^g de chlorure de calcium neutre et bien sec. Volume à 15° des gaz résiduels après disparition de la vapeur d'eau : $60^{cm^3},1$. D'où volume approximatif [1] de la vapeur d'eau, calculé à 15° et 760^{mm} : 160^{cm^3}.

Ce gaz avait la composition suivante :

	Composition des gaz (état sec).	Composition centésimale des gaz secs.	Composition centés. en tenant compte de la vapeur d'eau disparue.
Acide chlorhydrique......	faible trace	trace	trace
Anhydride carbonique....	10,7	17,81	6,68
Oxyde de carbone........	nul	nul	nul
Hydrogène..............	trace	trace	trace
Oxygène................	9,6	15,97	6,00
Azote et congénères......	39,8	66,22	24,88
Vapeur d'eau............	—	—	62,44
	60,0	100,00	100,00

Même absence que dans le cas précédent d'acide fluorhydrique [2], d'oxyde de carbone, d'hydrocarbures, d'oxydes de l'azote, d'acide sulfureux, d'hydrogène sulfuré, de soufre, d'oxysulfure et d'oxychlorure de carbone, de fluorure de silicium ou de bore.

B. *Gaz des fumerolles du Vésuve recueillis fin octobre* 1907, 18 mois après l'éruption.

Ces gaz ont été recueillis dans une vallée au nord-est du cratère où de nombreuses fumerolles se produisaient encore à cette époque et déposaient, par places, une substance orangée (chlorure double $FeCl^3, 2AzH^4Cl, H^2O$, d'après M. Lacroix). De la fente que je choisis, placée à 250^m environ au-dessous du sommet du cratère, sortaient d'abondantes fumées. Je fis bâtir cette fente avec des cendres et du plâtre jusqu'à ne laisser qu'un orifice d'où s'exhalait un violent courant de gaz fumants et brûlants [3]. J'introduisais

(1) Même remarque que pour le gaz précédemment analysé.

(2) Ce gaz, même très étendu, est fixé par le chlorure de calcium avec formation de HCl. Nous n'avons pas trouvé de fluor dans le chlorure de calcium qui avait été introduit dans le récipient, et la quantité de HCl gazeux trouvé était quasi nulle.

(3) Ils roussissaient presque immédiatement le papier et le coton; température d'environ 280° à 300°.

par cet orifice, dans la fente ainsi partiellement maçonnée, le long tube de mon récipient à gaz préalablement vidé d'air, comme on l'a dit plus haut, et en cassais la pointe effilée grâce à un porte à faux dans la profondeur de la roche. Quand le réservoir était plein, je le retirais lentement en le laissant refroidir et je le scellais avec les précautions ci-dessus indiquées.

c. *Réservoir à gaz ayant reçu un peu de* P^2O^5 *en neige.* — Capacité à 15° = 238^{cm^3}. Gaz recueillis dans le réservoir à 44° et sous 684^{mm} de pression. Volume de ce gaz calculé à 15° et $760^{mm} = 193^{cm^3},41$. Gaz résiduels extraits par la pompe à vide après disparition de la vapeur d'eau absorbée par P^2O^5 : $52^{cm^3},87$. D'où vapeur d'eau disparue : $193^{cm^3},41 - 52^{cm^3},87 = 140^{cm^3},54$.

Ces gaz avaient la composition suivante :

	Gaz calculés secs.	Compos. centés. des gaz calculés secs à 15° et 760^{mm}.	Compos. centésim. des gaz calculés en tenant compte de la vapeur d'eau.
Acide chlorhydrique.........	nul	nul	nul
Anhydride carbonique.......	1,55	2,93	0,80
Oxyde de carbone (¹)........	0,30	0,56	0,15
Hydrogène................	1,06	2,00	0,54
Oxygène..................	8,88	16,79	4,59
Azote..................... / Argon et congénères.........	41,07	67,71	21,23
Vapeur d'eau..............	—	—	72,69
	52,86	100,00	100,00

On a constaté dans ce gaz l'absence complète de ClH, FlH, H^2S, SO^2, COS. Pas de dépôt de soufre.

d. *Autres gaz recueillis à la même fumerolle le même jour.* — Réservoir à gaz de 240^{cm^3} ayant reçu au préalable $1^g,5$ de $CaCl^2$ sec et neutre. Gaz recueillis à 40° sous pression de 684^{mm}. Volume total de ce gaz (vapeur d'eau comprise) calculé à 15° et $766^{mm} = 198^{cm^3}$. Les gaz extraits à la pompe, calculés à 15° et 760^{mm}, après absorption de la vapeur d'eau par le chlorure de calcium ont un volume de 44^{cm^3}; d'où vapeur d'eau disparue : $198^{cm^3} - 44^{cm^3} = 154^{cm^3}$.

(¹) Le CO, quand il est en très faible proportion dans le gaz, comme dans le cas présent, peut être confondu avec le CH^4, le lavage au chlorure cuivreux n'étant pas suffisant à l'enlever. Il ne peut être distingué dans ce cas du gaz des marais que par son action sur l'acide iodique qui donne à 65° de l'iode libre et de l'acide carbonique, ainsi que je l'ai établi autrefois.

Ces gaz avaient la composition suivante :

	Composition des gaz calculés secs.	Composition centésimale des gaz secs.	Compos. centés. des gaz en tenant compte de la vapeur d'eau.
Acide chlorhydrique.......	nul	nul	nul
Anhydride carbonique.....	1,30	2,95	0,66
Oxyde de carbone.........	0,04	0,09	0,02
Hydrogène...............	0,043	0,10	0,02
Oxygène................	7,28	16,54	3,68
Azote....................	34,86	79,23	17,62
Argon et congénères (1)....	0,477	1,09	0,243
Vapeur d'eau.............	—	—	77,76
	44,00	100,00	100,00

Même absence de gaz ClH, FlH, SO^2, H^2S, CH^4 (?), COS. Pas de dépôt de soufre.

Nous avons remarqué que les gaz sortant de ces fumerolles attaquaient rapidement l'acier et le cuivre (quoique nous n'y ayons pas trouvé d'hydracides (2); ils avaient une odeur rappelant vaguement le brome ou le chlore.

Ces observations et analyses comportent des considérations qui feront le sujet d'une prochaine Note.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le carbone ordinaire*, par MM. **H. Le Chatelier** et **Wologdine**.

Ces recherches font suite à celles que nous avons publiées l'année dernière sur le graphite (3). Leur but était de soumettre à un contrôle expérimental l'opinion, très répandue parmi les chimistes, qu'il existe plusieurs variétés de carbone ordinaire, qu'il en existe même peut-être une infinité, résultant de polymérisations progressives. Les différentes variétés allotropiques d'un corps sont caractérisées par des différences dans ses propriétés physiques. Les auteurs attribuent au carbone ordinaire des densités, des

(1) Examinés par M. le Professeur Moureu. On y reviendra.

(2) On faisait lentement passer l'ensemble des gaz à travers $0^{cm^3},5$ d'eau où l'on recherchait les hydracides.

(3) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p, 49.

chaleurs de combustion très variables. Ces résultats expérimentaux sont-ils exacts?

Le graphite diffère considérablement du carbone ordinaire et se trouve souvent en mélange avec ce dernier, comme Berthelot l'a signalé à différentes reprises. Non seulement le carbone ordinaire se transforme en graphite aux températures élevées de l'arc électrique, mais souvent encore le charbon produit à des températures beaucoup plus basses par diverses réactions chimiques est constitué par un mélange de graphite et de carbone ordinaire. Le carbone séparé de la fonte par recuit vers 700° est entièrement à l'état de graphite; celui de la décomposition du sulfure de carbone, obtenu à une température bien plus basse encore, renferme une quantité notable de graphite.

Il est donc indispensable, avant de chercher à préciser les propriétés du carbone ordinaire, de s'assurer de l'absence complète du graphite. C'est là une opération plus délicate qu'on ne le croit communément.

La réaction caractéristique de l'oxyde graphitique, extraordinairement nette quand il s'agit de graphite naturel toujours lamellaire, est au contraire particulièrement difficile à employer avec les charbons pulvérulents très fins, obtenus dans certaines réactions chimiques de laboratoire. L'oxyde graphitique, corps complètement insoluble, garde la forme des particules de charbon oxydées. Avec le graphite naturel, il se présente en lamelles jaunes, de dimensions relativement assez grandes, se déposant rapidement dans l'eau et les solutions salines; il est immédiatement reconnaissable à la vue. Mais, avec les charbons très divisés, il se présente sous forme d'une poussière impalpable, à peine jaunâtre, restant longtemps en suspension dans les liquides. Sa précipitation et son lavage par décantation nécessitent des précautions et un temps considérable. La déflagration par la chaleur avec formation d'une masse noire, volumineuse, dite *oxyde pyrographitique*, permet cependant de caractériser d'une façon certaine l'oxyde graphitique ainsi obtenu.

Moyennant ces précautions, nous avons pu reconnaître la présence du graphite, parfois en proportions considérables, dans des charbons considérés jusqu'ici comme exclusivement formés de carbone ordinaire. Cela est en particulier le cas du noir d'acétylène obtenu par la décomposition explosive de l'acétylène comprimé. Mixter [1] avait trouvé pour la chaleur de combustion de ce corps une valeur intermédiaire entre celle du charbon de sucre et du graphite, mais plus voisine de cette dernière. D'autre part, il avait confirmé des expériences antérieurement faites d'après lesquelles le mélange chloraté oxydant ne donnait pas avec ce charbon d'oxyde graphitique. L'existence d'une variété particulière de carbone ordinaire, caracté-

---

[1] MIXTER, *Am. J. of Science*, t. XIX, 1905, p. 434; *Rev. Metall.*, t. III *bis*, 1905, p. 13.

risée par une faible chaleur de combustion, semblait bien établie. En réalité, ce carbone est pour la majeure partie formé de graphite; l'action du mélange chloraté oxydant nous a toujours donné des proportions considérables d'oxyde graphitique, mais sous la forme pulvérulente. Des lavages trop rapides, comme on peut les faire sans inconvénient avec l'oxyde lamellaire, entraîneraient la totalité du précipité.

Nous avons cherché à contrôler par un second caractère la présence du graphite dans ce charbon en utilisant l'inégale combustibilité des deux variétés de charbon.

Nous n'avons pas pu faire ainsi une séparation rigoureuse, parce que le graphite, quoique moins combustible que le carbone ordinaire, n'est pas cependant absolument incombustible aux températures où l'autre variété peut être facilement brûlée. Après chauffage du noir d'acétylène pendant plusieurs jours consécutifs dans un courant d'air à la température de 400° à 450°, le dégagement d'acide carbonique cessa à peu près complètement et la portion non brûlée correspondait à 57,6 pour 100 du poids de charbon mis en expérience. La densité de ce résidu était notablement supérieure à celle de la matière primitive, ce qui prouve d'une façon certaine l'hétérogénéité de cette matière.

Des expériences semblables faites sur le charbon de cornue ont donné les mêmes résultats; la proportion de graphite y est beaucoup plus considérable qu'on ne le suppose ordinairement.

Parmi les différentes espèces de charbon étudiées, les quatre suivantes se sont dissoutes intégralement dans le mélange oxydant chloraté et nous les avons considérées comme exemptes de graphite : le noir de fumée, le charbon de sucre, le charbon de bois et des filaments de lampe à incandescence.

Nous nous sommes proposé de déterminer la densité de ces différentes espèces de charbon en employant les mêmes précautions qui nous avaient conduits à attribuer à toutes les sortes de graphite la même densité, c'est-à-dire en purifiant la matière dans le chlore au rouge blanc, puis en chassant l'air des pores du charbon par l'emploi successif de la compression et du vide. Les résultats ont été dans ce cas beaucoup moins favorables, car le charbon ordinaire ne s'agglomère pas comme le graphite; les cylindres obtenus par la compression de poudres très fines se sont désagrégés quand on les a mis dans les liquides lourds et qu'on les a soumis à l'action du vide; les parties les plus fines, celles par suite qu'on pouvait le plus complètement supposer exemptes de vides intérieurs, n'arrivaient plus à se déposer dans ces liquides.

En répétant fréquemment les expériences, en employant des fragments de dimensions

variables, des matières comprimées ou non comprimées, on est arrivé pour ces quatre variétés à trouver des densités comprises entre 1,70 et 1,80, souvent des fragments d'un même échantillon se séparant en deux couches distinctes, dans un liquide de densité 1,75, mais il n'a jamais été possible d'acquérir la certitude que cette différence ne tenait pas à la présence de bulles gazeuses incluses. Quoi qu'il en soit, voici les résultats obtenus :

Noir de fumée purifié par chauffage au rouge blanc dans un courant de chlore, aggloméré partiellement par compression, puis soumis à l'action du vide. Densité = 1,81 : c'est, de tous les chiffres que nous avons obtenus, celui qui nous semble mériter le plus de confiance.

Des fragments de charbon de sucre purifiés par le chlore et des filaments de lampe à incandescence ont donné tous les deux une densité 1,74.

Enfin, pour le charbon de bois, il n'a pas été possible d'obtenir des densités supérieures à 1,70, même en renouvelant tous les jours l'action du vide pendant plus d'un mois. On atteint très rapidement la densité 1,6; puis elle a continué à s'élever de plus en plus lentement, sans paraître tendre vers une limite fixe.

Il nous semble assez vraisemblable d'après ces expériences qu'il existe une seule variété de carbone ordinaire de densité voisine de 1,8, les densités inférieures résultant de la présence d'inclusions gazeuses. Nos expériences cependant ne sont pas assez précises pour permettre d'énoncer cette conclusion d'une façon formelle.

Les différentes sortes de charbon considérées jusqu'ici comme du carbone ordinaire et dans lesquelles nous avons démontré la présence du graphite ont une densité notablement supérieure à 1,8. Le noir d'acétylène purifié et comprimé a donné une densité de 2,05 qui s'est élevée à 2,15 après combustion d'une partie de la masse chauffée dans l'air à 450°. Le charbon de cornue en fragments de petites dimensions a donné une densité de 1,99.

Le résultat de cette étude est qu'il n'existe actuellement aucune preuve expérimentale de l'existence de plusieurs variétés du carbone ordinaire, dit *amorphe*. Il n'est pas possible cependant d'affirmer d'une façon définitive leur non-existenee, en raison du défaut de précision que comporte encore la détermination des différentes propriétés physiques de ce corps.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'existence de trachytes quartzifères à arfvedsonite (bostonites) dans le massif du Mont-Dore.* Note de MM. **A. Michel Lévy** et **A. Lacroix.**

Les roches volcaniques les plus acides et en même temps les plus anciennes du Mont-Dore consistent en rhyolites vitreuses ou sphérolitiques (ρ_1), connues en place dans un petit nombre de gisements, situés sur le flanc mé-

ridional de la Banne d'Ordanche, mais ayant eu une plus large extension, ainsi qu'en témoignent les couches formées par leurs ponces et contenant de leurs débris, qui s'observent sur toute la périphérie du massif.

Elles sont associées à des trachytes phonolitiques inférieures (φ_1) et à des trachytes (τ_1) dont on trouve des représentants à Lusclade et dans la haute vallée du Mont-Dore.

Nous nous proposons de faire connaître un type pétrographique remarquable, nouveau pour la France centrale, qui, avec une acidité comparable, présente une composition et une structure différentes.

Le gisement le plus important de cette roche a été mis à découvert par les travaux de construction du funiculaire de la Bourboule; il consiste en un large dyke traversant la cinérite. La roche est blanche, saccharoïde; elle ressemble quelque peu à une aplite à grains très fins. Elle renferme des phénocristaux d'anorthose, pouvant atteindre quelques millimètres; ils sont lamelleux suivant $g^1(010)$ et d'ordinaire limités par les faces $p(001)$ et $a^{\frac{1}{2}}(\bar{2}01)$; ils rappellent par leur forme ceux des dômites du Puy-de-Dôme. Ils sont distribués au milieu d'une pâte holocristalline, essentiellement constituée par de l'anorthose et du quartz, postérieur à ce feldspath.

Il existe en outre une amphibole, d'un bleu de mer, dans laquelle le plus petit indice fait un angle d'environ 20° avec l'axe vertical; cette amphibole, très pléochroïque et très dispersive, appartient au groupe de l'*arfvedsonite*; elle est très inégalement développée et se concentre dans certains échantillons au milieu desquels elle forme des taches bleuâtres. Elle est toujours pœcilitique par rapport aux microlites feldspathiques. Dans quelques échantillons, elle est associée à un peu d'ægyrine ou à de petites paillettes de biotite, qui la remplacent même localement.

Enfin, il faut signaler çà et là de petites plages, également pœcilitiques, de sphène, qui paraissent épigéniser de la titanomagnétite.

Le dyke présente des traînées à éléments plus gros, qui sont généralement plus micacées qu'amphiboliques.

Actuellement, les contacts visibles avec la cinérite sont nets, et, dans tous les affleurements, la roche est continue; mais, au cours de la construction du funiculaire, on a rencontré des brèches de friction et les déblais contiennent encore des miroirs de frottement, qui montrent qu'au cours de la mise en place de la roche, il s'est produit des mouvements de roche solide dans roche solide, comparables à ceux décrits par l'un d'entre nous dans le dôme andésitique récent de la Montagne Pelée; ces miroirs de frottement ne sont

pas en effet le résultat de mouvements postérieurs, car leur surface est colorée en bleu verdâtre par de l'arfvedsonite, produite par voie pneumatolitique et contemporaine des petits cristaux du même minéral, qui s'observent çà et là dans les fissures de la roche.

Un deuxième filon, identique comme structure au précédent, se trouve à l'entrée de la vallée de Chaudefour, près de Montmie; les minéraux colorés y sont presque entièrement limonitisés; il existe en outre dans la pâte, non seulement du quartz, mais encore de la tridymite.

Enfin, cette même roche est très abondante, sous forme de fragments ou de blocs, dans tous les affleurements de ponces rhyolitiques (Mareuges, Boissières, etc.), où elle constitue un satellite constant de la rhyolite et nous ne l'avons rencontrée jusqu'à présent qu'en compagnie de cette dernière. Il n'est donc guère douteux que la formation de ces deux roches ne soit contemporaine.

Aux points de vue minéralogique et structurel, la roche qui nous occupe offre une tendance à la structure microgranitique et peut être rapprochée des *bostonites quartzifères,* dont les filons abondent dans beaucoup de massifs de syénites néphéliniques. Il n'est pas sans intérêt de rappeler à ce propos que les rhyolites en place au Mont-Dore sont entourées de dykes de trachytes phonolitiques à haüyne et que dans la brèche rhyolitique de Lusclade il existe en assez grande abondance des enclaves bulleuses d'un trachyte phonolitique, d'un type inconnu en place, qui est caractérisé par la présence de cristaux d'ægyrine.

La composition chimique vient d'ailleurs confirmer ce rapprochement. Le Tableau suivant, rangé par ordre d'abondance des éléments ferro-magnésiens, reproduisant une série d'analyses de nos roches, faites par M. Pisani, montre que la roche de la Bourboule constitue la forme la plus sodique, à peu près entièrement dépourvue de chaux, de la série rhyolitique :

a. Rhyolite en galets, à Perrier.
b. Rhyolite supérieure (ρ^1) au-dessous de la Banne d'Ordanche.
c. Ponce de Sailles.
d. Bostonite du funiculaire de la Bourboule.
e. Rhyolite inférieure (ρ_1) de Lusclade.
f. Ponce de Ludières.

		a.	b.	c.	d.	e.	f.
s	= SiO^2.........	75,50	74,80	73,90	71,95	72,75	73,90
λ	= Al^2O^3........	13,50	15,81	11,93	15,30	13,20	10,95
F	= { Fe^2O^3........	0,95	1,24	0,15	0,56	1,16	0,08
	{ FeO	»	»	1,87	1,13	»	1,06
m	= MgO.........	0,39	0,38	0,13	1,12	0,25	1,08
$c+c'$	= CaO	0,99	0,42	0,34	traces	2,60	1,58
n	= Na^2O	4,35	3,67	4,10	5,80	4,00	4,08
k	= K^2O	4,15	4,04	4,62	4,42	5,00	4,60
	TiO^2.........	»	0,06	traces	traces	»	»
	H^2O	0,37	0,30	4,00	0,83	2,25	3,35
		100,20	101,17	101,04	101,11	101,25	100,65

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE CALCULÉE.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.
Orthose................	24,3	24,0	27,2	26,1	29,6	27,2
Albite.................	36,4	31,3	34,7	49,1	33,9	30,4
Anorthite..............	5,0	2,0	0,5	»	3,5	»
Feldspaths	65,7	57,3	62,4	75,2	67,0	57,6
Quartz.................	32,1	35,9	31,6	20,0	26,6	32,0
Alumine en excès	»	3,5	»	0,9	»	»

PARAMÈTRES ET NOMS DE LA CLASSIFICATION CHIMICO-MINÉRALOGIQUE.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.
Éléments ferro-magnésiens, x pour 100.. Classe..............	2,0 I Persalane	2,3 I Persalane	3,1 I Persalane	4,2 I Persalane	5,6 I Persalane	7,7 I Persalane
Ordre $\frac{\text{Feldsp.}}{\text{Quartz}}$, $y=\frac{F}{Q}$..............	2,0 IV Britannare	1,6 III Colombare près IV Britannare	2,0 IV Britannare	3,8 IV Britannare	2,5 IV Britannare	1,9 IV Britannare
Rang $\frac{2k+3n}{c}=z$..	21,1 II Toscanase, près Liparase	3,8 I Alaskase, près Liparase	2,5 I Liparase	∞ I Liparase	31 I Liparase	∞ I Liparase
Subrang $r=\frac{k}{n}$......	0,95 III Toscanose, près Liparose	1,1 III Alaskose, près Liparose	1,1 III Liparose	0,75 IV Kallerudose	1,2 III Liparose	1,3 III Liparose

PARAMÈTRES MAGMATIQUES (Michel Lévy).

Fumerolle.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*
$\Phi = \frac{S_{sal}}{2k+3n}$..	3,5 IV à V alcalino-granit. à granito-diorit.	4,8 VI tonalitique	3,4 IV alcalino-granitique	2,7 III syénitique	3,4 IV alcalino-granitique	3,4 IV alcalino-granitique 1,3
$r = \frac{k}{n}$.......	0,95 V méga-potassique	1,1 V méga-potassique	1,1 V méga-potassique	0,75 IV méso-potassique	1,2 I méga-potassique	V méga-potassique 1,0

Scorie.

$\Psi = \frac{F}{m}$......	2,2 II magnésien-ferrique	3,0 II à III magnésien-ferrique à ferro-magnésien	20,0 IV ferrique	1,5 I à II magnésien à magnésien-ferrique	6,0 IV ferrique	I magnésium
$U = \frac{F}{c+c'}$....	0,9 I mégacalcique, près méso-calc.	3,4 III micro-calcique	7 III micro-calcique	8 VII micro-calcique	0,5 I méga-calcique	0,7 I méga-calcique

Les Tableaux ci-joints montrent bien la parenté de toute cette série avec les liparites (rhyolites); la fumerolle est constamment riche en potasse et assez éloignée des magmas éléolitiques. Quant à la scorie, peu abondante, elle est très variable.

La roche de la Bourboule se distingue nettement de ses voisines par l'abaissement des coefficients Φ et r et par l'absence de la chaux. C'est avec évidence une roche exceptionnelle, syénitique et méso-potassique, magnésienne et micro-calcique. Nous avons dit plus haut qu'elle s'associe avec certains trachytes phonolitiques et les trachytes blancs que nous rapprochons des dômites. Toutes ces roches sont nettement intercalées dans les cinérites et inférieures aux coulées de trachytes à grands cristaux. Voici les analyses de quelques-unes de ces roches, dues à M. Pisani :

g. Trachyte au-dessus de l'Établissement du Mont-Dore, chemin de Melchirose.

h. Trachyte phonolitique, carrière à l'est de Lusclade.

i. Trachyte dômitique, dyke au sud-est du Puy Gros.

j. Trachyte (dyke César), derrière l'Établissement.
l. Trachyte à ægyrine fréquent en enclaves dans la rhyolite de Lusclade.

	g.	*h*.	*i*.	*j*.	*l*.
SiO^2	63,10	60,20	62,50	60,80	63,00
Al^2O^3	19,80	20,50	19,10	18,60	18,41
Fe^2O^3	0,40	1,58	2,27	0,38	2,05
FeO	0,81	1,01	1,51	2,17	0,65
MgO	0,38	0,39	0,38	1,28	0,66
CaO	2,16	1,96	1,67	2,78	3,02
Na^2O	6,12	4,75	5,22	5,95	6,30
K^2O	4,95	5,57	5,25	4,75	5,18
TiO^2	1,47	0,51	0,83	1,53	»
H^2O	0,75	3,00	1,25	1,25	0,55
	99,94	99,47	100,16	99,49	100,11

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE CALCULÉE.

Orthose	29,0	33,0	30,8	26,6	30,8
Albite	51,7	40,2	44,0	50,0	53,4
Anorthite	9,4	9,7	7,4	10,4	6,5
Feldspaths	90,1	82,9	82,2	87,0	90,7
Quartz	4,4	5,2	8,2	3,0	1,1
Alumine en excès	0,9	2,9	2,1	»	»

PARAMÈTRES ET NOMS DE LA CLASSIFICATION CHIMICO-MINÉRALOGIQUE.

	g.	*h*.	*i*.	*j*.	*l*.
Classe : $x =$ éléments ferro-magnésiens pour 100...	3,6 I Persalane	5,4 I Persalane	6,2 I Persalane	7,7 I Persalane	8,8 I Persalane
Ordre $y = \frac{F}{Q}$	21,0 V Canadare	16,0 V Canadare	10,0 V Canadare	29,0 V Canadare	82,0 V Canadare
Rang $z = \frac{2k + 3n}{c}$	15 II Pulaskase	12,6 II Pulaskase	17,4 II Pulaskase	13,0 II Pulaskase	23,0 II Pulaskase près I Nordmarkase
Subrang $r = \frac{k}{n}$	0,80 IV Laurvikose	1,2 III Pulaskose	1,0 III Pulaskose	0,76 IV Laurvikose	0,83 IV Laurvikose, près Nordmarkose

PARAMÈTRES MAGMATIQUES (Michel Lévy).

Fumerolle.

$\Phi = \frac{S_{sal}}{2k + 3n}$	2,2 II alcalino-syénitique	2,3 Entre II alcalino-syénitique et III syénitique	2,3 Entre II alcalino-syénitique et III syénitique	2,2 II alcalino-syénitique	2,1 II alcalino-syénitique
$r = \frac{k}{n}$	0,80 IV méso-potassique	1,2 V méga-potassique	1,0 V méga-potassique	0,76 IV Méso-potassique	0,83 IV méso-potassique

Scorie.

$\Psi = \frac{F}{m}$	3,0 Entre II magnésien ferrique et III ferro-magnésien	2,6 II magnésien ferrique	9,5 IV ferrique	1,9 II magnésien ferrique	4,0 Entre III ferro-magnésien et IV ferrique
$\Upsilon = \frac{F}{c + c'}$	0,6 I méga-calcique	1,3 II méso-calcique	2,5 III micro-calcique	1,0 Entre I méga- et II méso-calcique	0,9 I méga-calcique

Il convient de rappeler que la moyenne de 50 roches du Mont-Dore donne un magma syénitique ($\Phi = 2,5$), méso-potassique ($r = 0,8$), magnésien-ferrique et méso-calcique.

La fumerolle de la roche de la Bourboule la rapproche évidemment beaucoup plus des roches trachytiques et phonolitiques, dont il vient d'être question, que du groupe des rhyolites. Sa teneur en silice et sa pauvreté exceptionnelle en chaux en expliquent les particularités minéralogiques : c'est une sorte de passage entre les rhyolites et les phonolites inférieures.

ETHNOGRAPHIE. — *Sur le travail de la pierre polie dans le Haut-Oubanghi.* Note de M. A. Lacroix.

Les explorateurs du pays des Bandas, et en particulier MM. Dybowski, Maistre et Courtet [1], ont signalé, comme bijou recherché par les indigènes, une baguette de cristal de roche taillé, que les femmes portent implantée dans la lèvre inférieure. Cette coutume est localisée dans les bassins de l'Ombella, de la Kemo et de la Tomi (affluents de droite de l'Oubanghi), habités par les M'Brous, les N'Dis, les Togbos, les Sabangas, les Langouassis et les Babas.

M. Lucien Fourneau, administrateur des Colonies, m'ayant remis quelques-uns de ces ornements, rapportés par lui d'une inspection à Fort-Sibut, je l'ai prié de faire une enquête sur les procédés de leur fabrication, espérant trouver ainsi, par comparaison, quelques données expérimentales précises, susceptibles d'éclairer la technique de l'industrie de l'âge de la pierre polie. Je résume dans cette Note les réponses à mon questionnaire, car elles sont intéressantes pour la préhistoire.

Les objets en question, appelés *baguérés,* consistent en aiguilles de quartz hyalin, parfaitement transparentes, très régulièrement taillées et mesurant de 5^{cm} à 7^{cm} de longueur. Les unes ont la forme d'un cône très allongé, pointu, sans aucune saillie, avec environ 1^{cm} de plus grand diamètre; les autres, plus grêles et plus aiguës, portent à leur base un renflement destiné à les maintenir en place; dans tous les cas, un tampon de fil, constituant une sorte de chique permanente, en assure ou en complète la stabilité. Quelques femmes portent jusqu'à trois de ces singuliers ornements, implantés la pointe en bas dans la même lèvre.

La surface de ces aiguilles est simplement doucie et ne possède pas de poli brillant; souvent elle est creusée de petites cavités à surface éclatante, dont la signification sera donnée plus loin.

Le centre de fabrication se trouve chez les M'Brous, et cette localisation est déterminée par l'existence sur leur territoire d'intéressants gisements de cristaux de quartz, très allongés suivant l'axe vertical et isolés dans le conglomérat ferrugineux superficiel; ces cristaux proviennent de la destruction de filons quartzeux, semblables à ceux que M. Courtet a vus en place au

(1) Dybowski, *La route du Tchad,* Paris, 1893, p. 230. — Maistre, *A travers l'Afrique centrale,* 1895, p. 57. — Courtet, *in* Chevalier, *Mission Chari-Lac Tchad : L'Afrique centrale française,* 1908, p. 637.

milieu des quartzites de cette région. Aucune autre substance minérale n'est employée pour le même objet.

Voici le détail des diverses opérations de la taille, dont j'ai pu me rendre compte plus facilement grâce à l'examen de pièces à divers états d'avancement. Les dimensions sont limitées par celles des cristaux de quartz du gisement. Ceux-ci sont choisis parmi les plus réguliers, les plus longs et les moins épais. Leurs arêtes sont tout d'abord abattues par des chocs violents, déterminés à l'aide d'un corps dur, tel qu'un couteau, par exemple; cette première opération, qui remplace les faces naturelles par de larges cassures conchoïdes, entraîne un très grand déchet. La pièce est ensuite amenée presque à sa forme définitive par des retouches successives, qui n'enlèvent que de très petits éclats.

Elle est alors encastrée dans un morceau de bois tendre (celui de manioc en particulier), qui sert de manche, puis elle est usée par frottement sur une dalle de quartzite ou de grès. L'usure est faite d'une façon très primitive, à sec, sans intervention d'aucune matière étrangère.

Quand la pièce a pris la forme désirée, elle est polie par le même procédé sur le polissoir très légèrement humidifié.

Fréquemment le travail n'est pas poussé assez loin pour atteindre le fond de toutes les cavités produites au cours du dégrossissement; quelques-unes d'entre elles persistent donc et constituent les petites cupules brillantes dont il a été question plus haut. La taille est menée d'une façon fort habile, l'allongement de la pièce coïncidant toujours très sensiblement avec l'axe ternaire du quartz, ainsi qu'il est possible de s'en assurer par l'examen des propriétés optiques d'une section taillée transversalement.

M. Fourneau a bien voulu m'envoyer deux de ces dalles quartzeuses ayant servi aux indigènes; elles offrent la plus grande ressemblance avec les polissoirs néolithiques. La plus complète, par suite d'un long usage, a été creusée d'une cavité ovale irrégulière, au fond de laquelle se trouvent deux profondes rainures parallèles, à section en U, mesurant 40^{cm} de longueur. Cette dalle porte sur l'un de ses côtés deux surfaces planes contiguës, l'une perpendiculaire, l'autre oblique à l'aplatissement. Ces surfaces servent au polissage, tandis que l'usure se fait uniquement sur la portion creusée en cuvette.

L'enquête a fourni, sur le temps nécessaire à la préparation d'une pièce, des résultats un peu variables, mais dont la moyenne est de 4 jours, à 5 heures de travail par jour; le plus grand nombre indiqué a été de 8 jours.

C'est là bien peu de chose à côté de ce que l'on pouvait supposer *a priori* et de ce qui a été généralement admis, sans aucune preuve d'ailleurs, par les rares voyageurs, qui ont traité incidemment de la taille des objets de pierre dans diverses régions. Il y a lieu de faire remarquer du reste que cette rapidité s'explique par ce fait que l'emploi de l'usure n'intervient que pour l'achèvement d'un travail, effectué en grande partie par percussion. Comme moyen de contrôle, il était intéressant de se rendre compte de la valeur de ces objets; chez les Sabangas, un baguéré s'échange contre 4^{kg} de bois rouge (environ 6^{fr}), chez les Togbos contre une sagaie (environ 5^{fr}), chez les Langouassis contre trois poules (environ 3^{fr}).

Ces ornements constituent un objet de luxe; aussi les indigènes peu fortunés les remplacent-ils par des aiguilles de même forme, mais un peu plus longues, faites en bois, en verre ou en étain.

La grande analogie que présentent les polissoirs de l'Oubanghi avec ceux de la période néolithique de nos pays et les renseignements qui viennent d'être donnés sur leur emploi fournissent une indication précise sur ce qu'ont pu être les procédés de travail des pierres dures dans les temps préhistoriques. La découverte dans quelques stations néolithiques, notamment dans la Dordogne, de polissoirs à surface verticale avait fait penser (¹) déjà que la taille des objets en pierre polie n'avait pas toujours comporté l'emploi du sable comme abrasif; l'exemple donné plus haut, et qui s'applique au corps le plus dur de ceux qui ont été employés pour fabriquer les objets préhistoriques, apporte une démonstration de l'exactitude de cette interprétation.

Il m'a paru intéressant de fixer ces quelques particularités d'une survivance de l'industrie de la pierre polie avant que le contact des Européens l'ait fait disparaître.

ZOOLOGIE. — *Sur l'origine et l'évolution des Crevettes d'eau douce de la famille des Atyidés.* Note de M. **E.-L. Bouvier.**

M. Ortmann (²) a établi que les Crevettes d'eau douce de la famille des Atyidés se rattachent étroitement aux Acanthéphyridés, qui sont des Eucyphotes très primitifs actuellement propres aux profondeurs de la mer.

L'objet de la présente Note est de montrer comment s'est établi le passage

---

(¹) Déchelette, *Manuel d'Archéologie préhistorique,* 1908, p. 524.

(²) A.-E. Ortmann, *Decapoden und Schizopoden der Plankton-Expedition,* 1893, p. 42.

de la seconde famille à la première et de fixer le mécanisme suivant lequel a évolué celle-ci. Les matériaux qui m'ont servi pour cette étude appartiennent aux collections du Muséum; ils comprennent des exemplaires nombreux de *Xiphocaris elongata* Guér., d'*Ortmannia americana* Guér. et de *Calmania Poeyi* Guér. recueillis obligeamment pour moi à Cuba par M. Paul Serre, vice-consul de France à La Havane, des *Xiphocaridina compressa* de Haan et *fluviatilis* que j'ai obtenus de mon aimable collègue d'Écosse M. d'Arcy Thompson, et le riche matériel d'Atyidés dont j'avais fait usage dans mes travaux antérieurs sur la famille.

La *Xiphocaris elongata* est sans contredit la forme la plus primitive de la famille, on peut même très exactement la définir en disant que c'est un Acanthéphyridé sans palpe mandibulaire. Dans un travail antérieur ([1]), je relevais que cette espèce diffère des Acanthéphyridés et des autres Atyidés par l'absence de podobranchie et d'épipodite sur les pattes-mâchoires de la deuxième paire; mais l'observation ne m'était pas personnelle, je l'avais empruntée à M. Pocock ([2]), ne disposant alors d'aucun représentant de la *X. elongata*. En réalité, il y a un épipodite qui se différencie partiellement en podobranchies sur les pattes-mâchoires de notre espèce, si bien que la formule appendiculaire thoracique de la *X. elongata* est la suivante :

	Pattes.					Pattes-mâchoires.		
	V.	IV.	III.	II.	I.	3.	2.	1.
Pleurobranchies.......	1	1	1	1	1	1	0	0
Arthrobranchies.......	0	1	1	1	1	1	0	0
Épipodites............	0	1	1	1	1	1	ép.-podob.	rud.
Exopodites...........	1	1	1	1	1	1	1	1

C'est la formule exacte des Acanthéphyridés. D'où il ressort à l'évidence : 1° que les Atyidés sont issus des Acanthéphyridés; 2° que les représentants de cette dernière famille, abyssaux à l'heure actuelle, ont eu jadis des formes littorales qui se sont adaptées à la vie dans les eaux douces.

Les zoologistes ont jusqu'ici rangé parmi les *Xiphocaris* deux espèces du Pacifique, la *Xiphocaris compressa* et la *X. fluviatilis* qui ressemblent à l'espèce

([1]) E.-L. Bouvier, *Observations nouvelles sur les Crevettes de la famille des Atyidés* (*Bull. scientifique de la France et de la Belgique*, t. XXXIX, 1905, p. 61).

([2]) R.-I. Pocock, *Contribution to our knowledge of the Crustacea of Dominica* (*Ann. Nat. Hist.*, 6e série, vol. III, 1888, p. 18).

étudiée ci-dessus par la présence d'exopodites sur tous les appendices thoraciques. En fait, ces espèces sont très différentes de la *X. elongata* dont elles diffèrent par le carpe distalement échancré de leurs pattes antérieures, la présence du long faisceau de poils caractéristique des Atyidés au bout des pinces de ces pattes, et des suivantes, et aussi, comme j'ai pu le constater chez la *X. compressa*, par la disparition complète des arthrobranchies à la base de toutes les pattes. Ces caractères, méconnus jusqu'ici, sont de haute importance; ils marquent un premier stade dans l'évolution de la famille et rapprochent des *Caridina* les deux espèces précédentes pour lesquelles il convient d'établir un nouveau genre. Ce dernier pourra très avantageusement recevoir le nom de *Xiphocaridina* qui indique sa position intermédiaire entre les *Xiphocaris* et les *Caridina*.

Les *Caridina* diffèrent simplement des *Xiphocaridina* par la disparition des épines sus-orbitaires et des exopodites situés à la base des pattes. Les premières persistent encore dans les *Syncaris*, *Troglocaris* et *Atyaëphyra* qui constituent des rameaux peu importants de la famille, et où l'on voit disparaître une partie des exopodites (les exopodites postérieurs chez les *Syncaris* et *Troglocaris*, ceux des pattes des trois dernières paires dans les *Atyaëphyra*). Il est possible qu'une atrophie progressive des exopodites ait caractérisé les formes intermédiaires entre les *Xiphocaridina* et les *Caridina;* mais, quoi qu'il en soit, les secondes se rattachent directement ou indirectement aux premières et représentent un nouveau stade évolutif dans la famille, stade caractérisé par la disparition des exopodites à la base des pattes thoraciques. Ce caractère appartient également aux *Ortmannia* et aux *Atya* qui représentent, dans ce rameau, les deux derniers stades évolutifs des Atyidés. J'ai montré ailleurs que les *Ortmannia* dérivent des *Caridina* par une mutation évolutive qui rend les pattes de la deuxième paire semblables à celles de la première (carpes relativement courts et distalement excavés) et qu'une autre mutation évolutive, frappant les deux paires de pattes (carpes profondément excavés, très courtes pinces fendues jusqu'à la base et à doigts identiques), transforme les *Ortmannia* en *Atya*, qui acquièrent ensuite une grande taille.

Outre le *rameau caridinien* (*Caridina, Ortmannia* et *Atya*), le genre *Xiphocaridina* a donné un *rameau caridellien* qui diffère du premier par une formule branchiale réduite (disparition totale de la pleurobranchie des pattes V et de l'épipodite des pattes IV). Les deux premiers termes de cette nouvelle série ont été trouvés par la troisième expédition anglaise au lac Tanganyika,

et décrits par M. Calman ([1]) sous les noms de *Caridella* et d'*Atyella*. Abstraction faite de leur formule branchiale réduite, les *Caridella* ressemblent tout à fait aux *Caridina* (dont peut-être elles dérivent directement) et, comme l'a observé M. Calman, les *Atyella* aux *Ortmannia*.

Restait à découvrir le dernier terme de la série caridellienne, celui qui correspond aux *Atya*. Je l'ai trouvé dans une espèce signalée à Cuba par Guérin-Méneville, en 1857, brièvement décrite par cet auteur sous le nom d'*Atya Poeyi*, et depuis lors considérée comme une forme douteuse. Grâce au zèle patient de l'infatigable M. Serre, l'espèce de Guérin vient d'être redécouverte à Cuba et cette trouvaille ne manque pas d'intérêt; car, si les pattes à pinces de *Poeyi* sont bien identiques à celles des *Atya*, la formule branchiale de l'espèce est identiquement celle du rameau caridellien. Nous voici donc en présence d'un type générique nouveau, que je propose de nommer *Calmania* en l'honneur de l'excellent zoologiste anglais qui a fait connaître les deux premières formes de la série. Les *Calmania* sont les types terminaux de cette série, comme les *Atya* dans la série caridinienne, mais elles restent toujours de très petite taille, comme les *Caridella* et les *Atyella* dont elles dérivent, tandis que, dans la série caridinienne, les dimensions augmentent progressivement, depuis les *Caridina* jusqu'aux *Atya* où elles deviennent fort grandes.

Il serait aussi logique, semble-t-il, d'admettre que les *Atyella* dérivent des *Ortmannia*, et les *Calmania* des *Atya*, par simple réduction de l'appareil branchial. Mais il est impossible de rattacher les *Calmania*, qui comptent parmi les Crevettes les plus petites, aux *Atya* qui sont énormes, et j'en dirai autant des *Atyella* relativement aux *Ortmannia*, encore que les différences de taille soient ici moins grandes.

En fait, les deux séries paraissent totalement indépendantes; elles ont tout simplement évolué de la même manière, ce qui est un nouveau cas de convergence ajouté à tant d'autres. Si l'on ne connaît aujourd'hui en Amérique ni *Caridella* ni *Atyella*, cela ne démontre nullement que ces formes n'y ont pas existé; on n'y trouve pas davantage de *Caridina*, et pourtant les Crevettes de ce genre ont dû s'y rencontrer jadis, puisqu'elles y ont donné naissance aux *Ortmannia* et, par la voie de ceux-ci, aux *Atya*. En d'autres

---

([1]) W.-T. Calman, *Zoological results of the third Tanganyika Expedition conducted by Dr W.-A. Cunnington*, 1904-1905. *Report on the Macrurous Crustacea* (*Proc. zool. Soc. London*, vol. I, 1906, *Pl. XI-XIV*, p. 187-206.

termes, les Caridelles et les Atyelles d'un côté, les Caridines de l'autre, semblent avoir achevé leur évolution atyenne en Amérique, tandis qu'il n'en est pas de même dans les autres parties du globe. J'ai montré ailleurs combien était inégale, suivant les localités, la mutation évolutive qui transforme les *Ortmannia* en *Atya :* en certains points, la même ponte donne une prédominance du premier genre sur le second, en d'autres on observe tout le contraire.

Ainsi, les deux rameaux ont eu leurs représentants primitifs sur toutes les régions tropicales du globe, et comme ces représentants dérivent eux-mêmes des *Xiphocaridina* et des *Xiphocaris*, c'est-à-dire des formes souches de la famille, on peut dire que les Atyidés, au lieu d'avoir un centre de formation local, se sont trouvés répandus partout dès l'origine et partout ont évolué de la même façon.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydratation du carbonate de potassium.* Note de M. DE **FORCRAND.**

On a décrit six hydrates différents du carbonate de potasse, à

$$4, \quad 3, \quad 2, \quad 1\tfrac{1}{2}, \quad 1 \text{ et } 0,5H^2O.$$

Le seul dont l'existence est absolument certaine ou du moins le seul que chacun peut reproduire à volonté dans les conditions ordinaires est l'hydrate à $1,5H^2O$, soit : $2K^2CO^3 + 3H^2O$. Il forme de beaux cristaux orthorhombiques étudiés par Marignac, et se sépare par évaporation des dissolutions saturées vers 15°-20°.

Cependant Gerlach a obtenu $4H^2O$, J. Morel $3H^2O$, et beaucoup d'autres auteurs $2H^2O$, tandis que Pohl a trouvé, par déshydratation, des précédents $1H^2O$ et Thomsen, par la même méthode, $0,5H^2O$ seulement.

D'autre part les expériences de Lescœur montreraient qu'il n'existe qu'un seul hydrate ayant une tension d'efflorescence constante, ce serait le composé à $2H^2O$.

Mais il y a lieu de remarquer :

1° Que les mesures faites par M. Lescœur prouvent seulement que dans les conditions où il s'est placé il lui est apparu un hydrate à $2H^2O$ incapable de donner par efflorescence les hydrates à $1,5H^2O$ ou à $1H^2O$. Elles ne montrent pas absolument que les hydrates à $1,5H^2O$ ou à $0,5H^2O$ n'existent pas. On ne peut pas non plus en conclure qu'au-dessous de 20°, il n'y a pas des hydrates plus hydratés à 3 ou $4H^2O$.

2° Que l'étude thermique faite par Thomsen des composés à $0,5H^2O$ et à $1,5H^2O$ conduirait à ce résultat que les premières portions d'eau fixées dégagent moins de chaleur que les autres, ce qui est tout à fait inadmissible.

3° Qu'il y a lieu peut-être de tenir compte de ce fait, signalé par M. Lescœur, que le carbonate neutre de potasse se transforme peu à peu, à l'air, en bicarbonate. De sorte que si l'on se contente de doser l'oxyde métallique, de calculer d'après ce chiffre la dose de CO^2 nécessaire pour former le carbonate neutre, et d'en déduire l'eau combinée, on peut attribuer à certains échantillons plus d'eau qu'ils n'en contiennent.

4° Qu'enfin tous ces cristaux des carbonates alcalins hydratés retiennent une certaine dose d'eau mère, même lorsqu'ils ont été séchés longtemps sur plaque poreuse et que leur aspect est celui de cristaux bien secs. C'est là encore une cause d'erreur qui a pour effet aussi d'attribuer à ces composés plus d'eau qu'ils n'en contiennent à l'état de combinaison.

On voit par ces quelques faits combien reste obscure l'histoire de l'hydratation du carbonate de potasse. Et cependant c'est un composé qu'on croit bien connaître à ce point de vue et qu'on a l'habitude d'employer comme déshydratant. On le fait le plus souvent sans connaître l'état d'hydratation du produit à dessécher, sans s'assurer si le carbonate de potasse est anhydre, ou exempt de bicarbonate, ou exempt de potasse libre, sans en calculer à l'avance la dose nécessaire.

Les choses sont assurément plus compliquées et demandent plus d'attention. C'est pourquoi j'ai repris l'étude de cette question.

Les conditions de température extérieure ne m'ont pas permis de préparer jusqu'ici les hydrates très hydratés, à 3 ou 4 H^2O décrits par J. Morel et par Gerlach. Quant à l'hydrate à $2 H^2O$ je l'ai obtenu une seule fois et j'ai constaté que sa déshydratation donnait l'hémihydrate ($0,5 H^2O$). Mais l'étude de ces deux derniers produits demande encore à être précisée.

Pour ces raisons je me bornerai, dans cette Note, à quelques données relatives à l'hydrate à $1,5 H^2O$, préparé déjà par la plupart des auteurs.

C'est celui qu'on obtient dans les conditions habituelles, au-dessus de + 10°. Il se dépose par évaporation, sous cloche sèche ou dans le vide, de la dissolution saturée. J'ai pu le reproduire ainsi à toute température comprise entre + 10° et + 75°. Et c'est encore lui qui se forme lorsqu'on laisse refroidir une dissolution saturée de 130° à 75°.

Contrairement aux affirmations de plusieurs auteurs, la présence d'un peu de potasse libre ou d'un peu de bicarbonate dans la dissolution n'a aucune influence.

Il est vrai, et c'est peut-être la raison de certaines observations, que les cristaux recueillis retiennent toujours plus d'eau que la quantité exigée par la formule $K^2CO^3 + 1,5 H^2O$. Des cristaux, même très secs à leur surface, ont une composition qui varie de 1,62 à $1,99 H^2O$. Il est certain que ces

derniers surtout semblent être formés par un dihydrate. En réalité c'est l'hydrate à $1,5 H^2O$.

Ce qui le prouve c'est que ces cristaux pulvérisés rapidement donnent toujours une poudre humide, que cette poudre laissée quelque temps sur une plaque poreuse perd un peu d'eau et redevient sèche, que si on la chauffe vers 30° seulement dans un courant du gaz inerte sec, elle donne à l'analyse $1,5 H^2O$; c'est surtout que tous ces produits ont la même chaleur de dissolution.

Ils sont donc formés par des cristaux à $1,5 H^2O$ retenant mécaniquement plus ou moins d'eau mère, laquelle, à + 15°, a pour composition $K^2CO^3 + 7,2 H^2O$ et pour densité 1,57.

Lorsqu'on dessèche ces cristaux pulvérisés dans un courant de gaz inerte sec à la température de 100°, l'eau combinée s'élimine complètement au bout d'une dizaine d'heures, et l'on obtient un résidu formé de carbonate anhydre K^2CO^3, sans que rien n'indique un arrêt correspondant soit à K^2CO^3, H^2O, soit à $K^2CO^3 + 0,5 H^2O$.

La mesure de la chaleur de dissolution de K^2CO^3, de $K^2CO^3 + 1,5 H^2O$, et de la dissolution saturée $K^2CO^3 + 7,2 H^2O$, m'a donné :

	Cal	
K^2CO^3	+ 6,382	à + 15°.
$K^2CO^3 + 1,5 H^2O$	− 0,654	
$K^2CO^3 + 7,2 H^2O$	− 0,020	

La fixation de $1,5 H^2O$ liq. sur le carbonate anhydre dégage donc $+ 7^{Cal},036$, soit par molécule d'eau liquide $+ 4^{Cal},691$.

La température d'ébullition de l'hydrate serait 478°,4 abs., soit + 205°,4 C.

Ce qui explique bien qu'à + 30° les cristaux se dessèchent sans s'effleurer, et qu'à 100° ils perdent l'eau combinée, sans arrêt, mais lentement, en une dizaine d'heures.

C'est en somme un hydrate assez stable, ce qui justifie l'emploi du carbonate de potasse comme déshydratant, cet hydrate étant celui qui se forme dans les conditions ordinaires.

J'ai vérifié notamment que la substance blanche, d'apparence mielleuse, qui se produit lorsqu'on agite le carbonate anhydre avec une quantité d'eau insuffisante pour la dissoudre, est encore formée par ce même hydrate à $1,5 H^2O$, en très petits cristaux.

Des nombres qui précèdent on déduit que le passage de K^2CO^3 anhydre ou de $K^2CO^3 + 1,5 H^2O$ à l'état de dissolution saturée dégage, dans le premier cas $+ 6^{Cal},402$, dans le second $- 0^{Cal},634$.

On peut dès lors conclure :

1° Que l'hydrate à $1,5 H^2O$ n'est pas un déshydratant et que, par suite,

le carbonate de potasse qu'on emploie pour déshydrater doit être anhydre.

2° Que le sel anhydre est au contraire un déshydratant assez puissant, mais que son emploi demande certaines précautions. Il dispose en effet d'une somme d'énergie variable et égale à

$$\frac{7,036}{1,5} = 4^{\text{Cal}},691 \quad \text{ou} \quad \frac{6,402}{7,2} = 0^{\text{Cal}},889 \quad \text{ou} \quad \frac{6,382}{n} \; (n > 7,2)$$

pour chaque molécule d'eau suivant qu'il peut se former l'hydrate ordinaire à $1,5H^2O$, ou la dissolution saturée, ou une dissolution étendue. Ces nombres sont très différents et dépendent des proportions de sel et d'eau mises en présence. On devra les calculer à l'avance, suivant l'effet que l'on veut produire.

3° Que l'existence d'hydrates à 3 ou $4H^2O$, formés à basse température, est possible d'après ces nombres. En effet, de $+ 4^{\text{Cal}},691$ à $+ 1,43$ (qui est la limite pour l'eau), nous avons une marge suffisante pour intercaler un ou plusieurs hydrates d'une stabilité moindre que celle du composé ordinaire à $1,5H^2O$, et qui pourraient le fournir par efflorescence.

Je donnerai prochainement les résultats fournis par les carbonates de rubidium et de cæsium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des oxydes métalliques sur l'alcool méthylique.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe**.

Dans plusieurs Communications antérieures [1], nous avons indiqué l'action des divers oxydes métalliques sur les alcools primaires au-dessous de 400°. Quelques oxydes ne produisent aucune réaction notable; mais la plupart donnent lieu à des changements importants, soit que l'oxyde passe à l'état de métal ou d'oxyde inférieur, avec oxydation corrélative de l'alcool, soit que l'oxyde, irréductible ou réduit très lentement, exerce sur les alcools une décomposition catalytique. Quelques-uns, l'alumine, la thorine, l'oxyde bleu de tungstène, agissent comme des hydratants, en donnant les carbures éthyléniques. Dans le cas particulier de l'alumine opposée à l'alcool éthy-

---

[1] P. Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1376, et t. CXLVII, 1908, p. 16 et 106.

lique, Senderens a montré [1] qu'aux températures inférieures à 280°, la déshydratation s'arrête à la formation de l'oxyde alcoolique; mais ce mode d'action est exceptionnel et dans tous les autres cas, il est peu important.

D'autres oxydes, oxyde manganeux, oxyde stanneux, oxyde de cadmium, sont catalyseurs déshydrogénants, et fournissent les aldéhydes.

Un assez grand nombre sont des catalyseurs mixtes, provoquant à la fois les deux modes de réaction : leur importance est du même ordre avec les oxydes de glucinium et de zirconium, tandis que la déshydratation est prépondérante pour les oxydes de chrome, de silicium, de titane; la formation d'aldéhyde étant au contraire prédominante avec les oxydes noirs de vanadium ou d'uranium, ainsi qu'avec l'oxyde bleu de molybdène.

I. Les *réductions* exercées au-dessous de 400° sur les divers oxydes, par les vapeurs d'alcool méthylique, sont très analogues à celles qu'avaient fournies les alcools primaires.

II. Au contraire, il était permis de prévoir que les *décompositions catalytiques* de l'alcool méthylique seraient un peu différentes de celles fournies par les alcools primaires. La déshydratation du méthanol ne donne pas lieu à une séparation d'hydrocarbure, mais seulement à la formation d'oxyde de méthyle, gazeux, soluble dans l'eau et surtout dans l'acide sulfurique concentré.

Le dédoublement de l'alcool méthylique sur le cuivre divisé, au-dessus de 200°, est moins aisé que celui des alcools primaires, et déjà, dès 280°, le méthanal libéré commence à se dédoubler en oxyde de carbone et hydrogène, ce dédoublement étant d'autant plus rapide que la température de la catalyse est plus haute. En opérant avec du cuivre réduit léger, le dédoublement est à peu près complet vers 360°.

1° La catalyse de déshydratation, fournissant l'*oxyde de méthyle*, est très importante avec l'*alumine* au-dessus de 300°, la catalyse de déshydrogénation étant tout à fait minime. Cette même formation à peu près exclusive d'oxyde de méthyle a lieu plus lentement avec la *thorine* et *l'oxyde titanique*, vers 350°.

2° *L'oxyde de chrome* et *l'oxyde bleu de tungstène* donnent à la fois, au-dessus de 300°, de l'oxyde de méthyle et du méthanal, qui est partiellement dédoublé en oxyde de carbone et hydrogène.

3° La catalyse de déshydrogénation est à peu près exclusive avec la plupart des autres oxydes irréductibles, peu importante avec la *glucine*, la *zircone*, l'*oxyde de zinc*, l'*oxyde noir d'uranium*, très importante avec l'*oxyde bleu de molybdène*, ou

(1) SENDERENS, *Comptes rendus*, 18 janvier 1909.

l'*oxyde noir de vanadium*, qui donnent, à 350°, un dégagement abondant de gaz, mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone, à cause de la décomposition simultanée du méthanal libéré.

Il en est de même avec plusieurs oxydes qui ne sont réduits que lentement par les vapeurs d'alcool, l'*oxyde de plomb*, l'*oxyde stanneux*, l'*oxyde de cadmium*, le *sesquioxyde de fer*. Les gaz dégagés contiennent alors une petite dose d'anhydride carbonique produit par l'action réductrice lente qu'exerce l'oxyde de carbone. Dans ces divers cas, le méthanal est à 350° à peu près complètement détruit, on n'en retrouve que de petites quantités dissoutes dans l'alcool condensé au delà du tube à réactions. La réaction catalytique accomplie par le fait de l'oxyde est donc en réalité

$$CH^3OH = CO + 2H^2.$$

Pour donner une idée de l'importance relative de la catalyse effectuée par les divers oxydes, nous avons indiqué dans le Tableau ci-dessous les volumes de gaz dégagés par minute, pour un même débit d'alcool méthylique à 350°, aux conditions normales d'expérience que nous avons décrites dans une Note antérieure :

Oxyde bleu de molybdène	54 cm³
» de plomb (¹)	66
» de cadmium	80
» ferrique (²)	138
» noir de vanadium	140
» stanneux	153
Cuivre réduit léger	152

Les conditions absolues du phénomène sont d'ailleurs assez variables pour un même oxyde, selon les conditions de sa préparation. Ainsi pour l'oxyde ferrique, la vitesse initiale de réaction indiquée, savoir 138$^{cm^3}$, a été fournie par un oxyde préparé par dessiccation à 350° de l'hydrate précipité, tandis qu'un oxyde, obtenu par calcination prolongée au-dessus de 500° a fourni comme vitesse initiale seulement 36$^{cm^3}$, cette dernière se maintenant d'ailleurs longtemps identique, parce que la réduction de cet oxyde n'a lieu qu'avec une extrême lenteur.

Nous avions d'ailleurs précédemment indiqué des différences analogues dans l'action des oxydes sur les alcools primaires.

(¹) Au début de la réaction; après 20 minutes, la surface de la litharge étant devenue brune par le fait de la réduction partielle, le volume dégagé par minute n'était plus que de 33$^{cm^3}$.

(²) Au début de la réaction; après 19 minutes, le volume s'abaissait à 96$^{cm^3}$; après 2 heures 30 minutes à 36$^{cm^3}$ par minute.

M. G. **Darboux** fait hommage à l'Académie d'un *Second Mémoire sur la détermination des systèmes triples orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides de Dupin.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce la mort de M. *Rudolf Bergh*, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Anatomie et Zoologie, décédé à Copenhague le 10 juin 1909.

MM. **Ch. Fabry** et **H. Buisson** adressent un Rapport sur les travaux accomplis et les résultats obtenus grâce à la subvention qui leur a été accordée par l'Académie sur le fonds Bonaparte.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les aspects de la végétation en Belgique*, par Charles Bommer et Jean Massart. — I : *Les districts littoraux et alluviaux*, par Jean Massart. (Adressé par M. Th. Durand, Directeur du Jardin botanique de l'État, à Bruxelles.)

2° *Cours de Géodésie et d'Astronomie de position*, professé par le lieutenant-colonel Bourgeois. (Présenté par M. Bouquet de la Grye.)

3° Trois publications relatives aux fêtes du *Cinquantenaire de l'Origine des espèces*, présentées par le Prince Roland Bonaparte, savoir :

The foundations of the origin of species, a sketch written in 1842, by Charles Darwin, edited by his son Francis Darwin, Honorary Fellow of Christ's College.

University of Cambridge. Order of the Proceedings at the Darwin celebration held at Cambridge. June 22-june 24, 1909, with a sketch of Darwins's life.

Une brochure contenant le texte des discours prononcés en latin pour la présentation des récipiendaires du grade de Docteur ès sciences *honoris causa*.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète 1909 a, faites à l'équatorial coudé* ($0^m,32$) *de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. J. **Guillaume.**

Observations de la comète.

Dates. 1909.	Étoiles de comparaison.	✱—★ Δα.	Δδ.	Nombre de comparaisons.
		m s	′ ″	
Juin 19.........	a.	+0.10,15	+7.38,7	10:12
» 19.........	a.	+0.14,46	+9.40,4	6:8
» 23.........	b.	+0.13,39	+4.43,0	6:5

Positions des étoiles de comparaison pour 1909,0.

Étoiles.	Asc. droites moyennes.	Réductions au jour.	Déclinaisons moyennes.	Réductions au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
a.	1.50.22,60	−0,41	34. 6.47,8	−7,0	A.G. Leide, 710
b.	2. 2.37,86	−0,40	39.19.57,1	−7,7	A.G. Lund, 993

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1909.	Temps moyen de Paris.	Ascensions droites apparentes.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaisons apparentes.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Juin 19........	13.40.53	1.50.32,34	−9,696	34.14.19,5	+0,726
» 19........	14.15.51	1.50.36,65	−9,694	34.16.21,2	+0,680
Juin 23........	13. 4.41	2. 2.50,85	−9,720	»	»
» 23........	13.12.53	»	»	39.24.32,4	+0,736

Remarques. — Le 19 juin, l'aspect de la comète est celui d'une nébulosité diffuse, vaguement circulaire, d'environ 30″ de diamètre; l'éclat est d'environ 11ᵉ grandeur. A la deuxième série, l'arrivée du jour a obligé de réduire le nombre des pointés dont les derniers étaient fort difficiles. — Le 23, des nuages gênent, puis interrompent les mesures.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les variations d'éclat de la comète d'Encke et la période des taches solaires.* Note de M. J. **Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

On sait que les comètes présentent souvent des variations d'éclat aussi brusques qu'inattendues.

Comme d'ailleurs les queues n'apparaissent généralement que dans le voisinage du périhélie, parfois même après celui-ci, le Soleil semble bien avoir sur la luminosité de l'astre une influence directe. De quelle nature est cette influence, rayons cathodiques, fluorescence proprement dite, émission de rayons α (théorie de Boys), nous l'ignorons encore; ce qui est certain, c'est qu'elle varie en apparence mystérieusement.

M. Deslandres ([1]) s'est demandé en 1898 s'il n'y avait pas corrélation entre les taches du Soleil et ces changements d'éclat qui coïncideraient peut-être avec le passage vis-à-vis de la comète d'une tache importante. A un point de vue plus général, il nous a paru intéressant d'étudier l'éclat de la comète d'Encke à chacune de ses apparitions.

La période de cette comète (3 ans 3 mois) est de beaucoup la plus courte, et en raison de sa faible distance-périhélie au Soleil ainsi que du soin avec lequel elle est suivie depuis 1 siècle, elle paraît tout indiquée pour un travail de ce genre.

Il y a une vingtaine d'années M. Berberich ([2]) s'était déjà occupé de la comète d'Encke, et, à la suite d'une étude, qualitative en quelque sorte, des éclats observés, étude allant jusqu'à l'apparition de 1885, était arrivé à conclure que la comète semble plus brillante lors des maxima des taches solaires. Mais M. Berberich ne donnait sa conclusion qu'avec de grandes réserves : un examen plus détaillé de la question tend selon nous à la confirmer.

Nous admettons avec la plupart des astronomes que la variation d'éclat des comètes doit être, en l'absence de causes extérieures, causes que nous nous proposons justement d'étudier, inversement proportionnelle à $\frac{1}{r^2\Delta^2}$ (r distance au Soleil, Δ distance à la Terre). Cette hypothèse en est, croyons-nous, à peine une, tant elle paraît s'imposer en l'absence de résultats nettement contraires.

Une moyenne des grandeurs attribuées à la comète nous permet d'avoir sa grandeur moyenne correspondant à peu près à la valeur moyenne de $\frac{1}{r^2\Delta^2}$. En comparant avec chacun des facteurs $\frac{1}{r^2\Delta^2}$ et en appliquant la formule de Pogson il est alors aisé de savoir si la grandeur observée à une époque donnée a été au-dessus ou au-dessous de celle calculée. Les excès en plus ou en moins sont portés sur la courbe ci-après ([3]).

Un astronome allemand, M. Deichmuller ([4]), a affirmé en 1892 que les

---

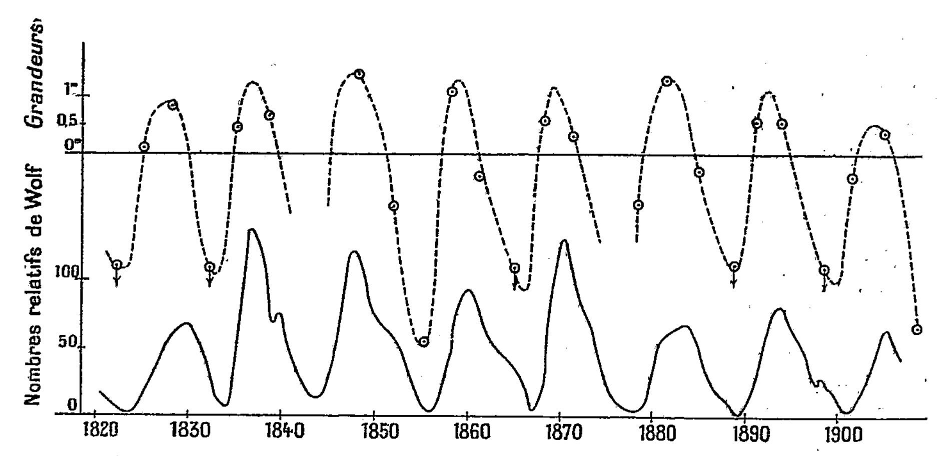
([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVI, 1898, p. 1326.

([2]) *Astr. Nachr.*, n°s 2836-2837, 1888, et n° 3125, 1892.

([3]) A plusieurs reprises la comète a été notée comme restant *très faible*, *excessivement faible* alors que la grandeur calculée était de 5 ou 6; une seule fois 6,5; nous la supposons dans ce cas-là inférieure à la grandeur 8,5 ou 9; il suffit d'examiner le Tableau pour se convaincre que cette estimation n'a rien d'exagéré; les observations correspondantes sont marquées d'une flèche descendante sur notre courbe.

([4]) *Astr. Nach.*, n° 3123, 1892.

observations de la comète d'Encke deviennent plus concordantes en adoptant pour les variations d'éclat la formule $\frac{K}{r^2}$ qui atténue en effet certaines discordances si l'on rejette *a priori* l'idée d'une influence des taches solaires.



La courbe inférieure représente les nombres des taches solaires;
La courbe supérieure pointillée, les variations d'éclat de la comète d'Encke.

Nous avons refait nos calculs dans cette hypothèse malgré son invraisemblance et le résultat a été, comme on peut le voir par notre Tableau, pratiquement identique à celui obtenu avec $\frac{1}{r^2\Delta^2}$ (1). La comète d'Encke paraît donc bien avoir une variation d'éclat synchrone de la période undécennale des taches solaires et les observations récentes postérieures au travail de M. Berberich tendent à confirmer cette loi.

Tableau des éclats maxima de la comète d'Encke.

Années.	Grandeur observée.	Date.	$J' = \frac{1}{r^2}$.	$J = \frac{1}{r^2\Delta^2}$.	Grandeur calculée. $\left(\text{loi} : \frac{1}{r^2}\right)$.	Grandeur calculée. $\left(\text{loi} : \frac{1}{r^2\Delta^2}\right)$.
1786....	probablement assez brill.	18 janv.	5,0	5,0	6,1	6,6
1795....	très faible	21 nov.	1,6	22,0	7,3	5,0
1805....	4,5	12-13 nov.	5,8	10,1	5,9	5,9
1818-19.	comparable à amas M.2	5 janv.	2,4	6,3	6,9	6,4

(1) Il est d'ailleurs fort possible, comme certains l'ont pensé, que la véritable loi empirique des éclats soit $\frac{1}{r^n\Delta^2}$, n étant un peu supérieur à 2; ce que nous venons de dire montre que nos résultats n'en seraient guère modifiés.

Années.	Grandeur observée.	Date.	$J' = \frac{1}{r^2}$.	$J = \frac{1}{r^2 \Delta^2}$.	Grandeur calculée. (loi : $\frac{1}{r^2}$).	Grandeur calculée. (loi : $\frac{1}{r^2 \Delta^2}$).
1822....	très faible	29 juin	1,3	20,0	7,5	5,1
1825....	7-8	comm. sept.	3,5	2,4	6,5	7,4
1828-29.	5,5	7 déc.	1,4	6,3	7,5	6,4
1832....	très faible	29 juin	0,65	7,3	8,3	6,2
1835....	8	31 juill.	2,0	0,9	7,1	8,5
1838....	5	12 déc.	6,7	12,9	5,8	5,6
1842....	»	6-7 avril	6,7	7,8	5,8	6,1
1845....	»	9 juill.	1,6	0,6	7,3	8,9
1848....	4-5	9 nov.	3,4	9,2	6,5	6,0
1852....	7	mars	4,4	8,5	6,2	6,1
1855....	10-11	1er août	1,7	3,0	7,2	7,2
1858....	6	1er oct.	3,2	3,4	6,6	7,1
1861-62.	6-7	20 janv.	3,5	8,0	6,5	6,1
1865....	très faible	29 juin	1,4	14,0	7,5	5,5
1868....	7	27 août	3,0	2,0	6,6	7,6
1871....	5,2	2 déc.	1,9	13,9	7,1	5,5
1875....	»	6 avril	6,7	6,5	5,8	6,3
1878....	8	10 août	3,7	3,2	6,4	7,1
1881....	5	3 nov.	4,7	7,1	6,1	6,3
1885....	10	9 janv.	0,7	0,3	8,2	9,7
1888....	faible	8 juill.	5,4	5,6	6,0	6,5
1891....	6-7	2 oct.	3,5	3,6	6,5	7,0
1894....	5,2	24 janv.	4,7	11,7	6,1	5,7
1898....	excess. faible	15 juin	2,9	10,2	6,7	5,9
1901....	7-8	2 sept.	4,2	2,6	6,3	7,3
1904-05.	5,4	23 déc.	2,8	11,6	6,7	5,7
1908....	9	5 juin	1,3	11,0	7,5	5,8

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Comparaison des spectres du centre et du bord du Soleil.* Note de MM. **H. Buisson** et **Ch. Fabry**, présentée par M. Deslandres.

Les spectres du centre et d'un point du bord du Soleil présentent une notable différence dans la position des raies, phénomène purement cinématique dû à l'effet Doppler-Fizeau produit par la rotation de l'astre. Cette différence, qui dépend de la position du point sur le bord, s'annule quand il est au pôle; on peut aussi s'en affranchir en utilisant deux points diamé-

tralement opposés. Ayant éliminé cette variation, on peut comparer les spectres à un point de vue purement physique. On trouve ainsi que les deux spectres diffèrent par plusieurs caractères.

1° Il y a un changement d'aspect pour certaines raies. Pour les fortes raies, la pénombre est affaiblie dans le spectre du bord. Parmi les autres raies, quelques-unes sont renforcées ou affaiblies sur les bords du disque, et le changement est en général de même sens que dans le spectre des taches ([1]).

2° Halm a annoncé ([2]) que certaines raies subissent, du centre aux bords, un léger accroissement de longueur d'onde ; ses mesures ont été faites sur deux raies rouges du fer, en comparant leurs positions à celles de deux raies telluriques voisines. Il a trouvé un déplacement de 0,012 angström.

Nous avons appliqué à l'étude de ce problème la méthode interférentielle déjà décrite ([3]), qui permet de mesurer avec précision le déplacement d'une raie sans la rapporter à aucune raie voisine.

L'image réelle du Soleil, donnée par un héliostat et un objectif, a un diamètre de 28^{mm}; elle est projetée sur un écran portant une ouverture circulaire de 2^{mm}. On peut déplacer l'image du Soleil de façon que l'ouverture de l'écran soit au centre ou au bord. Pour éliminer l'effet de la rotation, on prend successivement la lumière provenant des deux pôles.

Nous avons opéré par photographie: on obtient successivement sur la même plaque les spectres avec interférences produits d'abord par la lumière d'un pôle, puis par celle du centre, et enfin par l'autre pôle. Les mesures étant assez délicates, nous n'avons pas fait l'étude complète de toutes les raies solaires, et nous avons préféré étudier avec soin les déplacements d'un petit nombre de raies de la région 4400. Nous avons utilisé plusieurs clichés, obtenus avec des différences de marche de 5^{mm} et de 10^{mm}. Les mesures ont porté sur 14 raies de différents métaux, d'intensité faible ou modérée (de 2 à 6 dans l'échelle d'intensité de Rowland).

Nos résultats confirment celui de Halm. Lorsqu'on passe du centre au bord, il y a un petit accroissement de longueur d'onde, qui, pour les raies étudiées, varie de 0,004 à 0,006 angström. Exceptionnellement, les deux raies du vanadium, 4379,4 et 4406,8, ne montrent aucun déplacement.

Cette variation de longueur d'onde n'est pas la seule modification que subissent les raies : elles sont un peu plus larges au bord qu'au centre, ce qui se manifeste par une diminution de netteté des interférences déjà visibles sur les clichés qui ont servi aux mesures (différence de marche, 10^{mm}).

([1]) G.-E. Hale et W.-S. Adams, *Astrophysical Journal,* t. XXV, juin 1907.

([2]) Halm, *Astronomische Nachrichten,* nos 41, 46, 47, 1907.

([3]) *Comptes rendus,* 29 mars 1909.

L'examen direct du spectre solaire ne peut donner que des indications imparfaites sur la largeur des raies fines : les raies se classent par leur intensité sans que l'on ait un renseignement numérique sur leur largeur. On peut obtenir cette largeur en produisant des interférences avec des différences de marche croissantes et cherchant la limite de visibilité. Nous avons opéré avec des différences de marche de 10^{mm} et 30^{mm} en employant l'interféromètre.

Avec la lumière du centre du Soleil, on trouve qu'à chaque valeur de l'intensité donnée par Rowland correspond une largeur à peu près constante, les raies les plus faibles étant naturellement les plus fines. Dans la région 4400, la relation entre l'intensité et la largeur est donnée par le Tableau suivant :

Raies d'intensité.	Largeur.
1	0,07 angström
2	0,085 »
3	0,10 »
4	0,115 »
5	0,13 »
6	0,14 »
8	0,16 »

Au bord du disque solaire, chaque raie est un peu élargie; cet élargissement paraît un peu variable d'une raie à l'autre; il est en moyenne de 0,010 angström.

On voit que, pour la plupart des raies, on trouve, en passant du centre au bord du disque : 1° un déplacement vers le rouge de 0,005 angström; 2° un élargissement de 0,010 angström. Ces deux résultats peuvent se résumer en un seul énoncé : la seule modification que subit la raie est un déplacement de son bord rouge, s'élevant à 0,010 angström, l'autre bord ne variant pas. Exceptionnellement, et c'est là le cas des raies du vanadium, l'élargissement est symétrique.

Le fait que de nouvelles radiations sont absorbées, uniquement sur le bord rouge de la raie, peut être attribué à une absorption par les couches profondes de l'atmosphère solaire, où la pression est plus élevée : au centre du disque, cette absorption ne produirait qu'un effet insignifiant, tandis qu'au bord, où toutes les couches sont traversées obliquement par la lumière, l'effet en pourrait être sensible, sans préjudice de l'absorption par les couches à pression modérée, produisant la partie fixe de la raie. Un accroissement de 7^{atm} suffit à expliquer le changement observé.

Il faut remarquer que l'image solaire de 28^{mm}, dont nous disposons, est bien petite pour utiliser une région définie avec une ouverture de 2^{mm} qu'on ne pouvait pas réduire sans diminuer par trop l'intensité de la lumière. On n'a pas la lumière provenant rigoureusement du bord, et l'on aurait probablement des différences plus marquées si l'on pouvait opérer dans des conditions plus favorables.

ASTRONOMIE. — *Interprétation physique et historique de quelques traits de la surface de la Lune, d'après les feuilles du onzième fascicule de l'Atlas photographique publié par l'Observatoire de Paris.* Note de M. **P. Puiseux**, présentée par M. B. Baillaud.

L'aspect de notre satellite suggère, au sujet de son état physique actuel, diverses hypothèses à l'égard desquelles on peut procéder par élimination. Les feuilles du onzième fascicule, que nous avons l'honneur de soumettre aujourd'hui à l'appréciation de l'Académie, nous paraissent aptes à rendre, dans ce genre de problèmes, de réels services.

Comme dans les fascicules précédents, nous avons groupé ensemble une image complète et six agrandissements partiels dont les sujets sont empruntés aux deux régions polaires en même temps qu'à la région équatoriale. On pourra ainsi facilement se convaincre que la Lune n'a point de calottes polaires distinguées par un état spécial, comme il arrive pour la Terre et pour Mars, et qu'on n'y rencontre pas davantage de bandes parallèles analogues à celles de Jupiter ou de Saturne. Les abords immédiats des deux pôles comptent parmi les parties brillantes de notre satellite, mais des emplacements d'un éclat tout aussi vif se rencontrent communément jusque dans la zone équatoriale. Nous pouvons citer en exemple l'auréole de Byrgius et le contour de la Mer des Humeurs (*Pl. K*), le bassin qui englobe Hell et Lexell (*Pl. LX*), le plateau de Censorinus (*Pl. LXIII*), le massif d'Agrippa et de Rhæticus (*Pl. LXIV*), les environs de Römer (*Pl. LXV*).

Il y a, on peut le dire, indépendance complète entre la latitude et la teinte du sol.

Il existe au contraire une relation entre la teinte et l'élévation au-dessus du niveau moyen, car, d'une manière générale, les parties élevées et montagneuses sont plus brillantes que les régions plates et déprimées. Mais cette dépendance est indirecte et accidentelle, comme le font comprendre de nombreuses exceptions. Si les cirques à

rebord saillant brillent ordinairement d'un vif éclat, ce n'est pas parce qu'ils dépassent ce qui les entoure, c'est parce que l'activité volcanique, autrefois concentrée sur ces points, y a fait naître, ensemble ou successivement, et la teinte blanche et le bourrelet en relief. Si nous voyons, en plaine, les taches sombres s'accumuler au pied des bordures montagneuses, c'est que ces emplacements ont été les derniers à offrir un asile aux résidus liquides qui ont contrarié le dépôt des cendres volcaniques. Mais sur un plateau élevé nous verrons les nappes brillantes qui rayonnent autour de certains cirques envahir avec une parfaite indifférence les dépressions et les crêtes; et au milieu même d'une grande plaine, nous verrons le plus léger relèvement du sol favoriser le développement d'une tache blanche.

On doit garder ces faits présents à l'esprit si l'on veut arriver à une interprétation correcte des teintes. Plusieurs des explications auxquelles on aurait pu songer seront alors sûrement écartées.

Parmi les matériaux qui peuvent recouvrir de grands espaces à la surface de la Terre, la neige et la glace sont ceux qui absorbent le moins et qui diffusent le plus activement les rayons solaires. Doit-on penser, d'après cela, que les parties les plus brillantes de notre satellite doivent leur éclat à un revêtement neigeux ou glaciaire ?

Cela nous paraît très improbable, car, en pareil cas, la prédominance d'éclat des régions polaires devrait être beaucoup plus générale et mieux accusée. Leur relief énergique, leur situation toujours très oblique par rapport aux rayons solaires auraient dû les prédisposer doublement à condenser l'eau sous forme solide. Or la Lune n'a pas de calottes polaires ni de zones visibles. Il est impossible d'assigner aux parties brillantes des limites qui soient, même approximativement, des parallèles.

On est ainsi amené à penser ou bien que l'eau, sous toutes ses formes, a disparu de la surface de l'astre, ou bien que le revêtement glaciaire y est encore complet et s'étend à toutes les latitudes.

Pour apprécier cette dernière alternative, il conviendra d'examiner de plus près la distribution des teintes dans les parties claires de la région équatoriale. Leur albedo moyen, comparable à celui des roches volcaniques ou siliceuses de la Terre, est notablement inférieur à celui qu'on devrait attendre de la glace et de la neige, à moins que celles-ci ne soient fortement mélangées d'impuretés. La teinte blanche, qui revêt assez impartialement les saillies grandes ou petites, respecte souvent dans leur voisinage immédiat des bassins déprimés qui sont restés à l'état de taches obscures. Il y a même une tendance très visible des emplacements les plus sombres et des emplacements les plus clairs à se rapprocher pour venir, en quelque sorte, au contact les uns des autres. Ce contraste systématique contribue beaucoup

à donner un caractère individuel et pittoresque à certaines formations lunaires, comme Schickhard, Grimaldi, Hérodote (*Pl. K*), le contour de la Mer des Humeurs (*Pl. LXI*), Censorinus et Fracastor (*Pl. LXIII*), Littrow et Maraldi (*Pl. LXV*). Des teintes aussi variées, dans un petit espace, ne sauraient appartenir à un manteau glaciaire général, pas plus qu'à un revêtement uniforme de poussière météoriques.

Dans une prochaine Communication, nous rapprocherons de ces faits quelques autres qui se dégagent de l'examen des mêmes feuilles et qui se rapportent à la forme et à la répartition des taches sombres.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une extension de la théorie des fractions continues.* Note [1] de M. **A. Chatelet**, présentée par M. Émile Picard.

1. Je rappellerai d'abord un résultat de la théorie classique des fractions continues : $\frac{a}{b}$ et $\frac{a'}{b'}$ étant deux nombres réels différents, $\frac{P_{n-1}}{Q_{n-1}}$, $\frac{P_n}{Q_n}$ étant deux réduites successives de la réduction de $\frac{a}{b}$ et α, $\beta - \alpha'$, β' étant définis par l'égalité entre Tableaux :

$$(1)\qquad \begin{matrix} a & a' \\ b & b' \end{matrix} = \begin{matrix} P_n & P_{n-1} \\ Q_n & Q_{n-1} \end{matrix} \times \begin{matrix} \alpha & \alpha' \\ \beta & \beta' \end{matrix}$$

pour n suffisamment grand, $\frac{\alpha}{\beta}$ et $\frac{\alpha'}{\beta'}$ vérifient les inégalités

$$(2)\qquad \frac{\alpha}{\beta} > 1, \qquad -1 < \frac{\alpha'}{\beta'} < 0.$$

Je dirai pour abréger qu'un Tableau de quatre nombres vérifiant les inégalités (2) est un *Tableau réduit* et que deux Tableaux sont *équivalents* lorsque l'un est le produit à gauche de l'autre par un Tableau à coefficients entiers et de déterminant ± 1.

2. Je me propose de trouver tous les Tableaux *réduits équivalents* à un Tableau T de quatre nombres et de les ranger en une suite ordonnée dans les deux sens. Le théorème rappelé démontre l'existence d'un premier Tableau réduit T_0 :

$$T_0 = \begin{matrix} \alpha_0 & \alpha'_0 \\ \beta_0 & \beta'_0 \end{matrix}.$$

(1) Présentée dans la séance du 21 juin 1909.

p et q étant les parties entières de $\frac{\alpha_0}{\beta_0}$ et de $-\frac{\beta'_0}{\alpha'_0}$ on déduira de T_0 un Tableau réduit suivant T_1 et un Tableau réduit précédent T_{-1} par les égalités

$$T_0 = \begin{matrix} p & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times T_1, \qquad T_{-1} = \begin{matrix} q & 1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \times T_0.$$

En outre, p sera la partie entière de $-\frac{\beta'_1}{\alpha'_1}$ et q celle de $\frac{\alpha_{-1}}{\beta_{-1}}$. On déduira de T_{-1} un Tableau précédent T_{-2}, le Tableau suivant étant T_0; de T_1 un Tableau suivant T_2, et ainsi de suite.

On obtient ainsi une suite de Tableaux ordonnée dans les deux sens qui sera limitée à droite si $\frac{\alpha_0}{\beta_0}$ et par suite $\frac{a}{b}$ est rationnel, et limité à gauche si $\frac{\alpha'_0}{\beta'_0}$ et par suite $\frac{a'}{b'}$ est rationnel.

On peut vérifier aisément que *tout Tableau de la suite est réduit et équivalent à* T et que, réciproquement, *tout Tableau réduit et équivalent à* T *appartient à la suite*.

On peut, en outre, indiquer encore les propriétés suivantes :

a. Étant donnés deux Tableaux de la suite T_i, T_j, *leurs éléments vérifient les inégalités*

$$\alpha_i > \beta_i \geqq \alpha_j > \beta_j,$$
$$|\alpha'_i| < |\beta'_i| \leqq |\alpha'_j| < |\beta'_j|,$$

i étant inférieur à j et les égalités n'ayant lieu que si $i = j - 1$ (¹).

b. $\frac{\alpha_j}{\beta_j}$ *est un quotient complet de la réduction de* $\frac{\alpha_i}{\beta_i}$ *en fraction continue* et $-\frac{\beta'_i}{\alpha'_i}$ *est un quotient complet de la réduction de* $-\frac{\beta'_j}{\alpha'_j}$.

3. Considérons la fonction homogène de degré 1

$$f(X, Y) = \left(\frac{1}{l}|aX + bY|^{\omega} + l|a'X + b'Y|^{\omega}\right)^{\frac{1}{\omega}},$$

où X, Y ne peuvent prendre que des valeurs entières, l étant un paramètre positif, et ω un nombre positif supérieur à 1 et pouvant être égal à $+\infty$. J'ai

(¹) On pourrait avoir aussi $\alpha_j = \beta_j$ si, la suite étant limitée à droite, T_j était l'avant-dernier Tableau réduit.

pu démontrer entre cette fonction et la suite définie précédemment les propriétés suivantes [1] :

a. La fonction f a un minimum obtenu pour les valeurs entières X_1, Y_1 *et les deux nombres*

$$\alpha = aX_1 + bY_1, \qquad \alpha' = a'X_1 + b'Y_1$$

forment une ligne d'un Tableau réduit équivalent au Tableau T *des quatre nombres* a, b, a', b'.

b. Si l'on fait décroître l de façon continue, les minima successifs obtenus correspondent aux lignes successives de la suite des Tableaux réduits équivalents à T. Toutefois, il peut se faire que pour des valeurs finies de ω certaines lignes *isolées* de la suite ne correspondent pas à un minimum. Ceci ne peut se produire pour une ligne β, β' que si,

$$\begin{matrix} \alpha & \alpha' \\ \beta & \beta' \end{matrix} \qquad \begin{matrix} \beta & \beta' \\ \gamma & \gamma' \end{matrix}$$

étant les deux Tableaux qui la contiennent, $\frac{\alpha}{\beta}$ et $-\frac{\gamma'}{\beta'}$ ont tous deux 1 comme partie entière. Cette condition nécessaire n'est d'ailleurs pas suffisante.

c. Le minimum de la fonction f est inférieur à

$$2^{\frac{1}{2\omega}}\sqrt{\begin{vmatrix} a & a' \\ b & b' \end{vmatrix}}$$

et ne peut lui être égal que pour $\omega = 1$ ou $\omega = \infty$.

4. Pour la valeur particulière $\omega = 2$, la fonction f est la racine carrée d'une forme quadratique binaire définie. La suite de ses minimums coïncide avec la suite des réduites principales dans la méthode de réduction continuelle d'Hermite (*loc. cit.*).

Pour $\omega = \infty$, la suite des minimums est confondue complètement avec la suite des lignes et coïncide avec ce que Minkowski appelle la *suite des parallélogrammes extrêmes*.

5. Enfin, la suite des lignes possède encore les propriétés suivantes :

Si X_1, Y_1 *sont des valeurs entières premières entre elles vérifiant l'inégalité*

$$|aX_1 + bY_1| \times |a'X_1 + b'Y_1| < \left|\frac{\begin{vmatrix} a & a' \\ b & b' \end{vmatrix}}{2}\right|,$$

(1) *Cf.* HERMITE, *Œuvres*, t. I, p. 101. — MINKOWSKI, *Geometrie der Zahlen*, p. 147; *Diophantische Approximationen*, Ch. II.

les nombres $\alpha = aX_1 + bY_1$, $\alpha' = a'X_1 + b'Y_1$ *forment une ligne de la suite*, et réciproquement *les deux termes d'une ligne de la suite vérifient toujours l'inégalité*

$$|\alpha\alpha'| < \left|\begin{vmatrix} a & a' \\ b & b' \end{vmatrix}\right|,$$

et vérifient même, à des *exceptions isolées* près, l'inégalité plus restrictive

$$|\alpha\alpha'| < \left|\frac{\begin{vmatrix} a & a' \\ b & b' \end{vmatrix}}{2}\right|.$$

A ces exceptions près, la suite est identique à la chaîne des solutions primitives (MINKOWSKI, *Dioph. App.*).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul des racines des équations numériques*. Note de M. R. DE MONTESSUS, présentée par M. Appell.

1. Le calcul d'une racine réelle α d'une équation se ramène au calcul de nombres $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \ldots$ vérifiant la suite d'inégalités

(1) $$\alpha_1 < \alpha_3 < \alpha_5 < \ldots < \alpha < \ldots < \alpha_4 < \alpha_2,$$

problème qui offre de grandes difficultés.

L'une des méthodes usuelles consiste à écrire l'équation proposée sous la forme

$$x = F(x);$$

supposant connue l'une des limites α_1 de la racine, on écrira

$$\alpha_2 = F(\alpha_1), \quad \alpha_3 = F(\alpha_2), \quad \alpha_4 = F(\alpha_3), \quad \ldots;$$

sous certaines conditions, les nombres $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \ldots$, ainsi calculés, vérifient les conditions (1); d'un simple mot, et sans qu'il soit nécessaire ici de mieux préciser, il faut et il suffit que $F'(x)$ soit compris entre 0 et -1 quand x varie de α_1 à β, $\alpha_1 < \alpha < \beta$.

Si $F'(x)$ est compris entre 0 et 1 quand x varie de α_1 à β, on obtient une suite $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \ldots$, vérifiant l'une des inégalités

$$\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3 < \ldots < \alpha, \qquad \alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \ldots > \alpha,$$

et résolvant encore le problème, mais imparfaitement.

En dehors de ces deux cas, la méthode est inapplicable.

2. *Je vais étendre la méthode à* TOUS LES CAS POSSIBLES en montrant qu'on peut *toujours* écrire

$$x = F(x),$$

$F(x)$ étant assujetti à cette condition que, *dans le voisinage de la racine* α *de l'équation*

$$x - F(x) = 0,$$

on ait

$$-1 < F'(x) < 0.$$

Je m'appuierai sur cette remarque qu'*on peut toujours écrire une équation, transcendante ou algébrique,*

$$\Phi(x) = 0,$$

sous des formes

$$x = f(x), \qquad x = \varphi(x),$$

où $f(x)$, $\varphi(x)$ *ne soient pas* IDENTIQUES.

Par exemple, l'équation

$$0 = a + bx + cx^2 + dx^3 + \ldots$$

peut s'écrire

$$x = \frac{a + cx^2 + dx^3 + \ldots}{-b} = f(x), \qquad x = \frac{a + bx + dx^3 + \ldots}{-cx} = \varphi(x).$$

3. Cela posé, l'équation

$$x = \frac{f(x) + \varpi\varphi(x)}{1 + \varpi},$$

où

$$x - fx + \varpi[x - \varphi(x)] = 0,$$

admet la racine α, comme les deux équations (identiques)

$$x - f(x) = 0, \qquad x - \varphi(x) = 0, \qquad [x - f(x) = \Phi(x),\ x - \varphi(x) = \Phi(x)].$$

Il suffit donc de montrer qu'on peut TOUJOURS *disposer de l'arbitraire* ϖ *de manière que*

$$\frac{d}{dx}\frac{f(x) + \varpi\varphi(x)}{1 + \varpi} \quad \left[\text{ou } \frac{f'(x) + \varpi\varphi'(x)}{1 + \varpi}\right]$$

soit compris entre -1 *et* 0 *dans un certain intervalle comprenant lui-même la racine* α.

Cela est facile, mais plusieurs cas sont à distinguer.

4. I. Soit

$$x=f(x),\qquad x=\varphi(x),\qquad f'(\alpha)>1,\qquad \varphi'(\alpha)>1,\qquad f'(\alpha)<\varphi'(\alpha);$$

on écrira

$$x=\frac{f(x)-\lambda\varphi(x)}{1-\lambda},$$

et l'on prendra λ tel que

$$\frac{f'(\alpha)}{\varphi'(\alpha)}<\lambda<\frac{f'(\alpha)+1}{\varphi'(\alpha)+1};$$

pratiquement, il faudra déterminer auparavant un intervalle α_1, α_2 comprenant la racine et où l'on ait

$$\frac{f'(x)}{\varphi'(x)}<\frac{f'(x)+1}{\varphi'(x)+1};$$

il faudra ensuite calculer une limite supérieure A de $\frac{f'(x)}{\varphi'(x)}$ dans cet intervalle et une limite inférieure B de $\frac{f'(x)+1}{\varphi'(x)+1}$ dans ce même intervalle; on prendra pour λ une valeur intermédiaire entre A et B. C'est quand λ a la valeur A que l'approximation est la plus rapide. Il peut y avoir impossibilité, *mais tout à fait exceptionnellement*.

II. Si

$$f'(\alpha)>1,\qquad \varphi'(\alpha)<-1,$$

on écrira

$$x=\frac{f(x)+\mu\varphi(x)}{1+\mu},\qquad \frac{1+f'(\alpha)}{-1-\varphi'(\alpha)}>\mu>\frac{f'(\alpha)}{-\varphi'(\alpha)}.$$

III. Si

$$f'(\alpha)<-1,\qquad \varphi'(\alpha)<-1,\qquad f'(\alpha)<\varphi'(\alpha),$$

on écrira

$$x=\frac{\rho\varphi(x)-f(x)}{\rho-1},\qquad \frac{-f'(\alpha)}{-\varphi'(\alpha)}<\rho<\frac{-1-f'(\alpha)}{-1-\varphi'(\alpha)}.$$

IV. Si

$$0<f'(\alpha)<1,\qquad 0<\varphi'(\alpha)<1,\qquad f'(\alpha)<\varphi'(\alpha),$$

on écrira

$$x=\frac{f(x)-\lambda\varphi(x)}{1-\lambda},\qquad \frac{f'(\alpha)}{\varphi'(\alpha)}<\lambda<\frac{f'(\alpha)+1}{\varphi'(\alpha)+1}.$$

V. Si

$$0<f'(\alpha)<1,\qquad 1<\varphi'(\alpha),$$

on écrira

$$x = \frac{f(x) - \lambda\varphi(x)}{1 - \lambda}, \qquad \frac{f'(\alpha)}{\varphi'(\alpha)} < \lambda < \frac{f'(\alpha) + 1}{\varphi'(\alpha) + 1}.$$

5. La simple remarque qui est à la base de cette Note conduit à des résultats intéressants dans la théorie des équations fonctionnelles et des questions qui s'y rattachent.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Remarque au sujet de la Note de M.* Petit *sur un nouveau détecteur d'ondes pour la télégraphie et la téléphonie sans fil.* Note de M. **E. Tissot**.

Dans une Note récente (en date du 14 juin 1909), M. Petit mentionne un détecteur d'oscillations électriques constitué par une pointe métallique fine reposant avec une pression déterminée sur une *pyrite de fer* naturelle. Ce détecteur rentre, sans doute possible, dans la catégorie très générale des détecteurs thermo-électriques que j'ai signalés dans une Note du 6 juillet 1908.

En indiquant que la sensibilité de ces détecteurs se trouve intimement liée au rang qu'occupent dans la chaîne thermo-électrique les substances employées, j'ai cité, entre autres corps propres à être utilisés, les différentes variétés de *pyrite de cuivre* en contact avec un métal quelconque.

Ces pyrites de cuivre, qui sont des associations, en proportions assez variables selon la provenance, de *sulfure de fer* et de *sulfure de cuivre*, donnent des détecteurs plus sensibles que la *pyrite de fer* proprement dite que j'avais également essayée à l'époque.

Sans sortir des minéraux sulfurés, je rappellerai que la chalcosine (sulfure de cuivre naturel), qui occupe dans la chaîne thermo-électrique une extrémité opposée aux pyrites, paraît donner des résultats encore plus constants, tout en conservant la même inaltérabilité sous l'action des fortes oscillations.

J'ai eu l'occasion de signaler que ces détecteurs thermo-électriques, dont je fais usage depuis plus d'un an, permettent de recevoir à Brest les signaux échangés entre le poste des Saintes-Maries et le poste d'Alger. C'est d'ailleurs un détecteur à base de pyrite que portait l'appareil récepteur que nous avons présenté avec M. F. Pellin dans la séance du 2 novembre 1908.

RADIOACTIVITÉ. — *Comparaison entre les rayons α produits par différentes substances radioactives.* Note de M[lle] **Blanquies**, présentée par M. Lippmann.

Les travaux de Bragg et Kleeman conduisent à penser que chaque substance productrice de rayons α donne naissance à des particules α identiques entre elles, ayant toutes, en particulier, la même vitesse initiale, capables par conséquent de traverser en l'ionisant une même épaisseur d'air, sous une pression et à une température déterminées. Toutefois, c'est seulement avec les substances actives disposées en couche infiniment mince qu'on peut observer un rayonnement homogène, car, dans le cas d'une couche épaisse, les particules α venant de la profondeur pénètrent dans l'air avec une vitesse d'autant plus faible qu'elles ont traversé une couche active plus épaisse. On admet généralement que les particules α émises par les différents corps diffèrent uniquement par leur vitesse de projection. S'il en est ainsi, considérées à une même distance avant la fin de leur parcours, toutes les particules α doivent présenter exactement les mêmes propriétés. Sur la proposition de M[me] Curie, j'ai essayé de vérifier ce dernier point.

Lorsqu'on étudie, suivant la méthode de Bragg l'ionisation en fonction de la distance, on constate que la forme de la courbe d'ionisation dépend, pour une même substance, de l'épaisseur de la couche active et de la forme de l'appareil. En ayant soin d'opérer toujours avec le même appareil et d'employer la matière active en couche infiniment mince, on peut, d'une part, caractériser par une courbe le rayonnement α de chaque substance active, d'autre part, comparer les courbes correspondant aux différentes substances : si l'hypothèse que j'ai rappelée est légitime, toutes ces courbes, construites à une même échelle, doivent être en partie superposables. C'est sous cette forme que j'ai tenté la vérification.

Les expériences ont porté jusqu'ici sur trois corps : le polonium, le radium C et l'actinium B. Le polonium employé formait une couche d'épaisseur faible déposée par électrolyse à la surface d'une lame métallique. Les deux autres substances s'obtenaient aisément en pellicule infiniment mince sur une lame de métal exposée pendant plusieurs heures à l'émanation du radium ou de l'actinium. Les mesures d'ionisation ont été faites avec un électromètre Curie, par la méthode de zéro imaginée par M. Lattès.

Pour obtenir des courbes comparables malgré l'inégale activité des produits employés, j'ai procédé de la manière suivante :

Après chaque expérience, je construisais une première courbe, en portant en abscisses

les distances de la source à la chambre d'ionisation, et en ordonnées les valeurs de l'ionisation. Dans le cas du radium C, chaque ordonnée était ensuite diminuée de la fraction d'ionisation attribuable aux rayons β. Aucune correction de ce genre n'était faite dans le cas du polonium, qui donne uniquement des rayons α, ni dans le cas de l'actinium B dont le rayonnement β était inappréciable dans les conditions où j'ai opéré. Je tenais compte aussi, quand cela était nécessaire, des variations de température et de pression, en admettant que le parcours est inversement proportionnel à la densité du gaz traversé. Cela fait, je calculais le facteur par lequel l'ordonnée maximum de la courbe corrigée devait être multipliée pour devenir égale à une certaine valeur, arbitrairement choisie une fois pour toutes. En multipliant toutes les ordonnées de la courbe par ce facteur, j'obtenais les ordonnées de la courbe définitive. J'ai construit ainsi, pour chacune des substances étudiées, un certain nombre de courbes qui, sans être absolument identiques, diffèrent très peu les unes des autres. Enfin, l'ensemble des courbes données par une même substance a été remplacé par une courbe moyenne, que je crois exacte à $\frac{1}{50}$ près au moins.

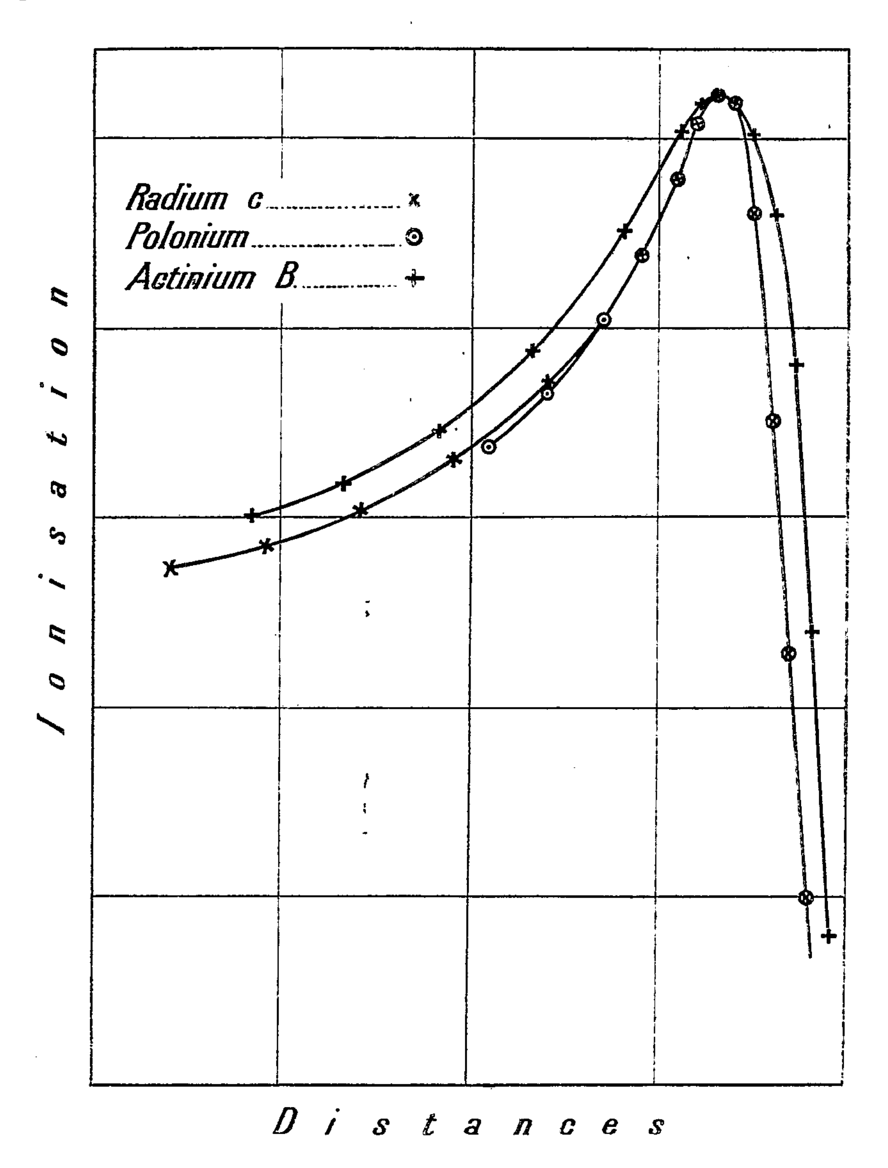
Afin de faciliter la comparaison de ces courbes ([1]), je les ai disposées sur une même figure, en faisant coïncider leurs ordonnées maxima. La concordance entre la courbe du polonium et celle du radium C est très satisfaisante. Au degré de précision atteint dans mes expériences, deux particules α émises l'une par le polonium, l'autre par le radium C paraissent identiques, à condition que la seconde ait parcouru dans l'air 3^{cm} de plus que la première.

En revanche, la courbe de l'actinium B, tout entière au-dessus des deux autres, s'en distingue nettement. En particulier, on voit que la décroissance d'activité à partir du maximum se produit beaucoup moins brusquement avec l'actinium qu'avec le radium C ou le polonium. Ainsi 4^{mm} au delà du maximum, l'activité qui est réduite de plus de moitié, s'il s'agit du polonium ou du radium C, est diminuée seulement d'environ 20 pour 100 dans le cas de l'actinium B.

Pour interpréter ces faits, on peut admettre, soit que les particules α possèdent des propriétés variables avec la nature du corps qui les produit, soit que toutes les particules α sont identiques, sauf en ce qui concerne leur vitesse de projection, mais que le rayonnement observé en employant comme source une lame rendue active par contact avec l'émanation de l'actinium est un rayonnement complexe. La première de ces hypothèses s'accorde mal avec la concordance des courbes du polonium et du radium C, concor-

([1]) Je me propose de revenir sur l'étude de la forme des courbes. Cette forme ne paraît pas correspondre exactement à celle qu'on pourrait prévoir d'après les théories généralement admises.

dance qu'il est peu vraisemblable d'attribuer à une simple coïncidence. J'ai essayé de déterminer jusqu'à quel point la seconde interprétation rend compte des faits observés.



Imaginons que l'actinium B se transforme, avec émission de particules α, en une autre substance, ayant une période de décroissance très courte, également douée de rayonnement α. Dans cette hypothèse, l'ionisation

observée à une distance quelconque de la source est la somme des ionisations produites respectivement par les deux espèces de particules α. Supposons que la courbe obtenue avec le radium C convienne à tout rayonnement simple. On peut aisément construire, d'après ces données, la courbe représentant le rayonnement double, si l'on connaît la différence entre les parcours dans l'air des deux rayonnements simples. En faisant cette construction pour des parcours très voisins, on obtient une courbe qui présente un seul maximum. Cela prouve que l'existence d'un maximum unique ne permet nullement d'affirmer l'homogénéité du rayonnement. Toutefois, je n'ai pu obtenir par cette méthode une courbe exactement superposable à la courbe expérimentale de l'actinium. Dans les conditions les plus favorables (en supposant une différence de parcours égale à $3^{mm},5$), la courbe expérimentale et la courbe théorique ont seulement grossièrement la même forme. Mais il faut remarquer que, les courbes expérimentales n'étant pas connues avec une certitude absolue, on ne doit pas s'attendre à une coïncidence parfaite.

PHYSIQUE. — *Sur la température de la flamme oxhydrique.* Note de M. **Edmond Bauer**, présentée par M. J. Violle.

Dans deux Notes récentes (¹) j'ai montré que l'on peut déterminer la température de la flamme du bec Bunsen, en mesurant l'émission et l'absorption de la flamme pour les rayons restants de la fluorine, et pour la raie D du sodium. Les nombres obtenus sont identiques, aux erreurs d'expérience près. On peut en conclure que les phénomènes de luminescence sont négligeables dans la flamme.

J'ai étendu depuis ces recherches à la flamme oxhydrique. Les résultats ont confirmé les précédents.

I. Pour les rayons restants de la fluorine, le montage était le même que celui qui avait servi pour le bec Bunsen.

Je me suis servi, pour obtenir une flamme oxhydrique, de deux becs Meker à oxygène et hydrogène accolés ensemble de manière à donner une flamme large et d'aspect à peu près homogène. Comme il fallait s'y attendre, la flamme dont les gaz sont constitués par de la vapeur d'eau à haute température, avec un léger excès d'hydrogène, a un pouvoir émissif et absorbant considérable pour les rayons restants de la fluorine.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 1397, et t. CXLVIII, p. 908; *Le Radium*, t. VI, 1909, p. 110.

Voici quelques nombres obtenus pour une flamme de 1^{cm} d'épaisseur moyenne :

Émission de la flamme en millimètres de l'échelle.	Absorption en pour 100.	Rapport $\frac{\text{émission}}{\text{absorption}}$.
216	12,4	17,40
270	16,0	16,80
237	13,6	17,20
264	15,5	17,10
263	15,2	17,30
242	13,7	17,70
253	14,6	17,30
201	11,9	16,90
Moyenne		17,20

Pour étalonner l'appareil je me suis servi, comme dans mes expériences antérieures, d'un corps noir à température connue. Les mesures ont donné les résultats suivants :

Température du corps noir.	Température de l'écran et de l'appareil de mesure.	Déviation observée en millimètres.	Déviation calculée (Planck).
100°	13°,5	54,4	**54,4**
163	13,5	98,3	98,0
180	16,0	108,0	108,3

Le premier nombre 54,4 a servi au calcul.

L'application de la formule de Planck donne pour la température de la flamme 2240°C.

II. La méthode du renversement de la raie D, au moyen de l'arc électrique et d'un système de prismes absorbants, a donné des nombres variant entre 2200° et 2300°, suivant la proportion d'oxygène.

La concordance est donc aussi bonne que pour la flamme de gaz d'éclairage.

M. Féry avait trouvé 2420° pour la température maximum.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la « recombinaison initiale » des ions produits dans les gaz par les particules α.* Note de M. **M. Moulin**, présentée par M. Violle.

On sait que, pour atteindre la saturation du courant produit dans un gaz par les particules α, il est nécessaire d'employer un champ électrique beau-

coup plus intense que dans le cas où l'ionisation est produite par les rayons X ou par des rayons pénétrants.

De plus, quelques expériences préliminaires, dont j'ai indiqué les résultats l'an dernier (¹), m'avaient montré que, dans l'air, il est beaucoup plus facile d'obtenir le courant de saturation si l'on établit le champ électrique perpendiculairement aux trajectoires des particules α que si l'on établit le champ parallèlement à ces trajectoires, comme on le fait dans l'appareil bien connu de Bragg.

Cette dissymétrie confirmait une hypothèse qui avait été avancée par M. Langevin, que la recombinaison intense qui se produit entre les ions libérés par les particules α est due à ce que ces ions ne sont pas répartis uniformément dans tout le volume du gaz, mais sont répartis initialement le long des trajectoires des particules α, avec une densité en volume considérablement plus grande. On pouvait prévoir, dans cette hypothèse, qu'un champ électrique normal aux trajectoires tend à disperser les ions et à empêcher leur recombinaison beaucoup plus qu'un champ électrique parallèle à ces trajectoires.

J'ai étendu depuis ces recherches à l'anhydride carbonique où la recombinaison initiale et la dissymétrie sont beaucoup plus grandes que dans l'air, et à l'hydrogène où elles sont très faibles. J'ai obtenu un certain nombre de résultats qui confirment entièrement l'hypothèse précédente.

La vitesse de la particule α étant plus de mille fois supérieure à la vitesse d'agitation des molécules, il est probable que la particule α qui vient de traverser le gaz laisse derrière elle une colonne d'ions dont le diamètre, du même ordre que la distance des molécules, est extrêmement petit par rapport à la longueur (plusieurs centimètres). Dans ces conditions, il est tout à fait vraisemblable qu'un champ électrique longitudinal doit avoir un effet infiniment moindre pour séparer les ions qu'un champ transversal, c'est-à-dire perpendiculaire à la colonne d'ions. On peut donc admettre que, en présence d'un champ longitudinal, la diffusion seule intervient et que, dans le cas où le champ est oblique par rapport à la colonne d'ions, seule la composante transversale de ce champ ajoute son effet à celui de la diffusion.

L'appareil dont je me suis servi me permettait de faire arriver les rayons dans le condensateur sous une inclinaison moyenne de 45°. Si la composante transversale du champ h intervient seule, tout doit se passer comme si les colonnes d'ions étaient soumises à un champ transversal $\frac{h}{\sqrt{2}}$ et le courant obtenu doit être, par rapport au courant de saturation, le même que celui qu'on obtient avec un champ $\frac{h}{\sqrt{2}}$ quand les rayons arrivent dans le condensateur perpendiculairement aux lignes de champ.

(¹) Voir *Le Radium*, 1908.

Quand on canalise les particules α à l'aide d'un faisceau de tubes, la majorité des particules sort obliquement par rapport à l'axe de ces tubes, de sorte qu'un champ électrique établi, en moyenne, parallèlement aux trajectoires des particules α est, en réalité, oblique par rapport à ces trajectoires. Si l'on admet encore que le courant est extrait des colonnes d'ions par la composante transversale du champ, on peut calculer le courant qu'on doit obtenir dans ces conditions.

Pour effectuer ce calcul, j'ai déterminé combien, parmi N particules lancées par la substance active dans toutes les directions, les tubes canalisateurs en laissent passer qui font avec l'axe des angles compris entre γ et $\gamma + d\gamma$. Les colonnes d'ions produites par ces particules sont soumises à un champ transversal $h\gamma$ qui extrait une fraction connue y du nombre total d'ions qu'elles contiennent. En intégrant par rapport à γ, on obtient alors le courant total que peut extraire le champ h et, en répétant ce calcul pour différentes valeurs de h, on peut tracer la courbe de saturation qu'on doit s'attendre à obtenir si le champ transversal intervient seul.

L'expérience m'a montré que la courbe ainsi calculée est en bon accord avec la courbe expérimentale, dans la région où le champ est suffisant pour que la recombinaison entre les ions des colonnes voisines, qui se produit pour les champs faibles, devienne négligeable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Transformation magnétique du plomb.* Note de M. **Loutchinsky**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La cristallisation du plomb amène un changement notable dans ses propriétés mécaniques, comme nous avons eu l'occasion de le montrer précédemment [1].

D'autre part, il est facile de reconnaître, à la surface de lingots coulés de faible épaisseur, la formation de cristaux de plomb que l'on peut même isoler les uns des autres en les écrasant avec une baguette de verre, au voisinage du point de fusion. Ils paraissent appartenir au système cubique, avec l'hémiédrie pentagonale dodécaédrique.

En cherchant à contrôler l'existence de plusieurs variétés allotropiques du plomb, que semblent indiquer les changements des propriétés mécaniques, nous avons eu l'occasion d'observer quelques particularités intéressantes des propriétés magnétiques. Le coefficient d'aimantation spécifique

(1) *Rev. de Métall.*, t. VI, 1909, p. 544.

est, dans le plomb cristallisé par fusion, dix fois plus grand environ que pour le plomb déformé mécaniquement par martelage ou passage à la filière. En prenant comme terme de comparaison l'eau dont le coefficient d'aimantation spécifique donné par M. Curie est de $-0,79.10^{-6}$, on trouve en moyenne pour le plomb cristallisé la valeur $2,4.10^{-6}$ et pour le plomb déformé mécaniquement : $0,2.10^{-6}$.

Le Tableau suivant donne les résultats de quelques-unes des expériences faites.

Les chiffres indiquent la déviation en millimètres observée avec deux échantillons différents soumis à des traitements successifs :

	Naturel.	Première fusion.	Déformation.	Deuxième fusion.	Troisième fusion.
Premier échantillon.........	12	22	4	10	16
Deuxième échantillon........	»	25	7	23,5	24

Des résultats semblables ont été observés avec un alliage plomb-étain à 30 pour 100 d'étain, servant comme coupe-circuit fusible. Un fil obtenu par passage à la filière donnait une déviation de 60^{mm}, après une première fusion à basse température : 190^{mm}, et enfin, après chauffage au rouge et refroidissement, la déviation sortait de l'échelle.

Nous avons examiné d'autres corps, pour voir si la fusion produisait des effets analogues ; les résultats ont été nuls avec le zinc et l'étain purs, avec l'azotate d'ammoniaque et le chlorure de potassium. Par contre, $Zn^{10}Fe$ qui, à l'état naturel n'est pas magnétique, devient extrêmement magnétique après fusion, mais il est dans ce cas partiellement décomposé avec mise en liberté de fer.

CHIMIE. — *Sur la méthode pratique du calcul simultané des poids atomiques : résultats généraux.* Note de M. **G.-D. Hinrichs**, présentée par M. G. Lemoine.

Depuis décembre 1892, les *Comptes rendus* ont présenté les étapes de la méthode [1] par laquelle je viens de calculer, d'après 60 opérations chimiques, 182 valeurs de haute précision de poids atomiques, comprenant 35 déterminations pour l'argent, 34 pour l'oxygène et 27 pour le chlore,

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 715.

soit 96 déterminations toutes indépendantes pour ces trois éléments. Le Tableau suivant donne le résumé général de ces calculs :

Réaction.	R.	Δ.	Δ.	Δ.	Δ.	*e.*	*r.*	*n.*	ε.	ε.	ε.	ε.	
$C:CO^2$	0,27273	C 165	O -124			0,9	95	15	C 0	O 0			D.
$TlNO^3:Tl$	1,30392	Tl - 15	O 148	N 49		- 0,8	5	10	Tl 2	O 0,	N 0		Cr.
$2NaCl:Na^2Bo^4O^7$	0,57921	Na 41	O -200	Cl 99	Bo-115	9	68	5	Na 6	O - 1	Cl 2	Bo- 2	Ra.
$Cu:CuSO^45H^2O$	0,25451	Cu 30	O - 92	S - 10	H -102	1			Cu 1	O 0	S -3	H 0	Ri.
$Na^4As^2O^7:4NaCl$	0,66102	As - 38	O -131	Cl 113	Na 38	- 4,3	60	7	As 3	O 1	Cl -1	Na- 3	Sm.
$AgCl:Ag$	1,32870	Ag - 30		Cl 93		- 3	8	10	Ag 5		Cl -2		Ri.
$Bi^2:Bi^2O^3$	0,89655	Bi 5	O - 58			0,2	18	16	Bi 2	O 0			Gu.
$Pb:PbO$	0,92825	Pb 3	O - 40			2,1	15	9	Pb 35	O 3			Be.
$Hg:HgO$	0,92593	Hg 3	O - 43			6,6	12	5	Hg 110	O - 8			Er.
$Fe^2:Fe^2O^3$	0,70000	Fe 37	O -131			1,5	144	14	Fe 2	O - 1			Sv.
$Te:TeO^2$	0,79037	Te 13	O -100			14	15	8	Te 54	O - 7			Gu.
$N^2:N^2O$	0,63637	N 165	O -144			13	50	5	N 4	O - 5			Gu.
$2Ag:MnBr^2$	1,00465	Mn - 47		Br- 93	Ag 93	-1	7	15	Mn 1		Br ½	Ag- ½	B.
$2Ag:CdBr^2$	0,79266	Cd - 29		Br- 58	Ag 73	-15,5	8	8	Cd 2		Br 9	Ag- 7	B.
$2Ag:CoCl^2$	1,66154	Co -128		Cl -255	Ag 154	-34	18	8	Co 9		Cl 4	Ag- 7	B.
$InCl^3:3AgCl$	0,51452	In 23		Cl 34	Ag- 36	-10	36	6	In - 15		Cl -10	Ag 9	M.
$Pt:N^2H^8Cl^6Pt$	0,43913	Pt 13	N - 20	Cl- 59	H - 79	- 3	91	12	Pt - 6	N 4	Cl 1	H 1	Se.
Sulfate anhydre : hydraté.	0,80800	Tb 5	O - 55	S 8	H -172	2	6	5	Tb 10	O - 1	S 6	H 0	U.
$RaCl^2:2AgCl$	1,03659	Ra 35		Cl- 3	Ag- 73	- 0,5	15	2	Ra - 1		Cl 6	Ag 0	Cur.
$2KCl:K^2TeBr$	0,21765	K 23	Te - 3	Cl 29	Br- 19	- 5	4	16	K - 5	Te 42	Cl- 4	Br 7	Le.
$KCl:KClO^3$	0,60856	K 32	O -148	Cl 32		- 7			K - 6	O 2	Cl- 6		St.
$AgCl:AgClO^3$	0,74935	Ag 13	O -117	Cl 13		-14,5			Ag - 28	O 6	Cl -28		St.
$AgBr:AgBrO^3$	0,79661	Ag 9	O -101	Br 9		-11			Ag - 31	O 5	Br -31		St.
$AgI:AgIO^3$	0,83039	Ag 6	O - 88	Io 6		-13			Ag - 54	O 8	Io -54		St.
$AgNO^3:Ag$	1,57407	Ag - 53	O 278	N 93		73			Ag - 34	O 14	N 19		Ri.
$Dy^2O^3:Dy^2(SO^4)^38H^2O$	0,49273	Dy - 14	O - 90	S - 19	H -103	-144	62	12	Dy - 27	O 4	S 20	H 4	U.
$NaCl:Ag$	0,54167	Na 91		Cl 92	Ag- 50	18	4	10	Na 7		Cl 7	Ag- 12	Ri.
$NaCl:AgCl$	0,40767	Na 69		Cl 41	Ag- 29	13	4	10	Na 5		Cl 8	Ag- 11	Ri.
$KCl:Ag$	0,69091	K 93		Cl 93	Ag- 64	10	3	7	K 4		Cl 4	Ag- 5	Ri.
$KCl:AgCl$	0,52006	K 69		Cl 33	Ag- 38	- 8	2	5	K - 4		Cl- 8	Ag 7	Ri.
$KBr:AgBr$	0,63364	K 53		Br 20	Ag- 33	9	2	4	K 6		Br 15	Ag- 9	Ri.
$KBr:Ag$	1,10301	K 92		Br 92	Ag-102	18	7	11	K 7		Br 7	Ag- 6	Ri.
$2AgCl:Ag^2SO^4$	0,91987	S - 29	O -118	Cl 64	Ag 4	-54	7	10	S 41	O 11	Cl -23	Ag-338	Ri.
$NH^4Cl:AgCl$	0,37304	N 70	H 279	Cl 44	Ag- 26	18	4	9	N 6	H 2	Cl 10	Ag- 17	Ri.
$AgNO^{3,0026}:Ag$	1,57407	Ag - 53	O 278	N 93		73			Ag - 45	O 9	N 26		Ri.
$W:WO^2$	0,79310	W 9	O -102			6		6	W 33	O - 3			Sm.
$WO^3:WCl^6$	0,58438	W 11	O 76	Cl- 88		45			W 137	O 19	Cl -17		Sm.
$Ag^3AsO^4:3AgCl$	1,07549	As 24	O 94	Cl- 75	Ag- 5	43	38	8	As 46	O 12	Cl -13	Ag-220	Sm.
$Ag^3AsO^4:3Ag$	1,42901	As 31	O 124		Ag- 39	24	56	7	As 25	O 7		Ag- 20	Sm.
$2Ag:I^2O^5$	0,64671	Ag 60	O - 97	I - 39		-48		18	Ag -27	O 16	I 41		B.
$3AgBr:Ag^3AsO^4$	1,21814	As - 26	O -105	Br- 65	Ag- 14	-20	14	11	As 19	O 9	Br- 8	Ag 36	»
$3AgCl:Ag^3AsO^4$	0,92981	As - 20	O - 81	Cl 64	Ag- 4	-20	5	15	As 25	O 6	Cl- 8	Ag-125	»
$PbCl^2:2Ag$	1,28819	Pb 47		Cl 93	Ag-119	29	13	9	Pb 21		Cl 10	Ag- 8	»
$PbCl^2:2AgCl$	0,96951	Pb 35		Cl 2	Ag- 67	25	33	6	Pb 24		Cl 9	Ag- 7	»
$AgBr:Ag$	1,74074	Ag - 68		Br 93		5	14	18	Ag - 4		Br 3		»
$AgBr:AgCl$	1,31010	Ag - 21	Cl - 91	Br 70		7,5	6	13	Ag -12	Cl - 3	Br 4		»
$2AgBr:MnBr^2$	1,74884	Mn - 81		Br- 70	Ag 93	5	25	16	Mn - 2		Br- 2	Ag 2	»
$2Ag:MnCl^2$	1,71429	Mn -136		Cl -272	Ag 158	18	9	7	Mn - 4		Cl - 2	Ag 4	»

Réaction.	R.	Δ.	Δ.	Δ.	Δ.	e.	r.	n.	ε.	ε.	ε.	ε.	
$2\,AgCl : MnCl^2$.........	2,27778	Mn -181		Cl -282	Ag 158	20	23	7	Mn - 4		Cl - 2	Ag 4	»
$2\,AgCl : Ag^2CrO^4$.......	0,86446	Cr - 26	O -104	Cl 60	Ag 8	-37	9	3	Cr 35	O 9	Cl -15	Ag-115	»
$2\,AgBr : Ag^2CrO^4$.......	1,13253	Cr - 34	O 124	Br 60	Ag- 8	-46	17	11	Cr 34	O - 9	Br -19	Ag 144	»
$2\,AgBr : Ag^2Cr^2O^7$......	0,87037	Cr - 40	O -141	Br 46	Ag 6	-51	9	9	Cr 32	O 9	Br -27	Ag-213	»
$MgCl^2 : 2\,Ag$............	0,44097	Mg 24		Cl 12	Ag- 28	34			Mg 24		Cl 12	Ag- 28	Ri.
$Fe^2 : Fe^2O^3$.............	0,69953	Fe 37	O -131			3	8	5	Fe 4	O - 1			»
$Hg : HgS$..............	0,86207	Hg 7	S - 37			6		4	Hg 43	S - 8			E.
$Hg : HgCl^2$.............	0,73801	Hg 9		Cl- 55		- 6		3	Hg - 33		Cl 5		Sv.
$Hg : HgCl^2$.............	0,73801	Hg 9		Cl- 55		-10		2	Hg - 56		Cl 9		T.
$MgO : MgOCO^2$........	0,47619	MgO 119	CO^2- 6			-11			MgO- 5	CO^2 91			M.
$Na^2Bo^4O^7 : 2\,AgCl$......	0,70383	Bo 139	O 244	Na 70	Ag- 49 / Cl - 49	163	121	5	Bo 24	O 14	Na 47	Ag- 67 / Cl - 67	R.

Abréviations pour les noms d'auteurs : D = Dumas; C = Crookes; R = Ramsay; Ri = Richards; G = Gutbier; B = Berzélius; E = Erdmann; Sv = Svanberg; Gy = Guye; B = Baxter; M = Mathors; S = Seubert; U = Urbain; Cur = Mme Curie L = Lenher; St = Stas; H = Hensgen; Sm = Smith; T = Turner; M = Mehd-Sehr.

Partout, suivant l'usage actuel, on prend O = 16 exactement.

La *donnée expérimentale* est la moyenne ρ des *rapports analytiques* de deux poids p et q déterminés par le travail de laboratoire dans n déterminations; leur concordance est définie par l'*excursion r*.

Les *formules chimiques* P et Q des composés de poids p et q donnent le *rapport atomique* R en prenant dans ces formules *les poids atomiques absolus* [en nombre ronds]. Pour l'accroissement de 0,1 de chacun des poids atomiques, ce rapport R s'accroît de *la variation* Δ exprimée en unités de *la cinquième décimale* (limite de précision). Ces variations Δ sont évidemment les coefficients différentiels partiels du rapport atomique; pour chaque élément, *elles mesurent la précision* qu'on peut obtenir par la réaction chimique employée.

L'*excès analytique e* est la différence $\rho - R$ (en unités de la cinquième décimale) et devrait être zéro s'il n'y avait pas *d'erreurs : accidentelles* (seules assujetties aux lois de probabilité), *systématiques* et *constantes* [1].

L'*écart* ε entre le poids atomique trouvé et la valeur absolue en [nombres ronds] est déterminé par notre *équation de condition* [2] $10\Sigma\varepsilon\Delta = e + K$, qui, en négligeant d'abord l'erreur constante K, devient $10\Sigma\varepsilon\Delta = e$; le nombre de termes de la somme Σ est *le nombre m d'éléments* présents dans la réaction.

Cette équation, indéterminée, ne peut se résoudre que par tâtonnements:

I. *En première approximation,* partageons l'excès analytique *e ex æquo* entre

---

(1) *Moniteur scientifique,* 1909, p. 5-7 : voir aussi 1907, p. 740-749.

(2) *Comptes rendus,* t. CXLV, 1907, p. 715 (le facteur 10 y avait été déplacé).

les m éléments; il sera pour chacun d'eux $e' = \frac{e}{m}$; donc *l'écart* $\varepsilon = \frac{e'}{\Delta}$. Alors, *les écarts* ε *sont inversement proportionnels* [1] *aux variations* Δ.

II. Si cette solution donne des valeurs ε trop grandes, c'est qu'on ne devait pas négliger K : il faudra refaire le travail de laboratoire avec plus de soin, et surtout *faire varier davantage les poids de matière employés,* afin de reconnaître des erreurs systématiques.

III. Si l'on n'a pas encore obtenu une réduction des ε, il faudra étudier la possibilité d'une erreur *du poids atomique absolu* adopté (exemple pour le potassium, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 484).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le bromure de dimercuriammonium* $AzHg^2Br$. Note de M. **H. Gaudechon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Parmi les dérivés halogénés du dimercuriammonium, l'iodure $AzHg^2I$ seul a été isolé, je n'ai pu obtenir le chlorure correspondant; la présente Note a pour but de montrer l'existence du composé $AzHg^2Br$.

Lorsqu'on prépare le composé $AzHg^2ClH^2O$ à partir du $HgCl^2$ et de AzH^3 dissous, il est indifférent, à condition d'employer l'ammoniaque en excès, de verser celle-ci dans la solution de $HgCl^2$ ou inversement, en lavant suffisamment le précipité, on retombe toujours sur le $AzHg^2ClH^2O$.

Il n'en est pas de même dans le cas de la préparation du composé bromé similaire. La faible solubilité du $HgBr^2$ dans l'eau nécessite qu'on opère sa dissolution vers 80° C. Si l'on verse cette solution chaude de $HgBr^2$ dans une solution froide de $AzH^3 = 1^l$ employée en excès, on obtient un précipité blanc $AzHg^2Br, 3AzH^4Br$, ou un précipité jaunâtre $AzHg^2Br, AzH^4Br$ suivant la concentration; et, en lavant l'un ou l'autre de ces corps à l'eau, on arrive au terme fixe $AzHg^2BrH^2O$.

Mais, si l'on verse progressivement l'ammoniaque dans la solution chaude de $HgBr^2$, c'est-à-dire si l'on opère la réaction en présence, au début du moins, d'un excès de $HgBr^2$, on obtient un précipité blanc jaune qui, à mesure qu'on le lave à l'eau chaude, devient jaune foncé; en continuant les lavages jusqu'à ce que les eaux ne contiennent plus qu'une trace de brome en dissolution, on arrive à un corps de composition constante qui ne répond pas à celle du $AzHg^2BrH^2O$.

Voici les résultats analytiques. Les préparations I, II et III ont été obtenues suivant la méthode indiquée, en faisant varier la concentration du $HgBr^2$ entre 15^g et 30^g par litre. La préparation IV a été faite à partir d'une solution plus concentrée de $HgBr^2$

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 60. M. Dubreuil a voulu donner une solution de notre équation de condition par la méthode des moindres carrés. Mais les écarts ε, étant d'origine chimique, échappent aux lois de probabilité; de plus, il trouve les écarts proportionnels aux variations, ce qui est contraire aux faits établis.

en favorisant sa dissolution à l'aide du AzH^4Br. Les corps analysés ont été séchés à la la température de 15° à l'obscurité, précaution importante.

	Trouvé.					Calculé pour	
	I.	II.	III.	IV.	Moyenne.	$AzHgBrH^2O$.	$Hg^9Az^4Br^6$.
Hg......	78,0	77,3	78,0	76,4	77,4	78,13	77,0
Br......	20,1	20,3	19,5	20,8	20,2	15,61	20,5
Az.....	2,63	2,60	»	2,50	2,57	2,74	2,4
					100,17		

Ces résultats montrent : 1° que le lavage prolongé du précipité, obtenu dans ces conditions, conduit à un terme fixe, avec une limite d'erreur dont il n'y a pas lieu de s'étonner pour des corps si complexes; 2° le corps obtenu ne contient pas d'eau; 3° il contient par rapport au $AzHg^2BrH^2O$ une notable quantité de brome en excès.

D'après les conditions de sa préparation, j'ai pensé qu'il s'agissait d'une combinaison du $AzHg^2Br$ et du $HgBr^2$ du même genre que celle que j'ai étudiée dans la série des dérivés chlorés; tel le $(AzHg^2Cl)^2HgCl^2$. Les analyses répondent en effet à la formule $Hg^9Az^4Br^6$ que j'écris

$$(AzHg^2Br)^4HgBr^2.$$

Je rappelle que François a décrit un composé iodé cristallisé similaire $Hg^9Az^4I^6$.

Pour contrôler cette hypothèse, j'ai fait agir à chaud sur ce corps jaune un excès de AzH^3 concentrée pensant que, dans ces conditions, le $HgBr^2$ lié au $AzHg^2Br$ serait décomposé suivant l'équation

$$2(AzHg^2Br)^4HgBr^2 + 4AzH^3 + xH^2O = 9AzHg^2Br\,xH^2O + 3AzH^4Br.$$

En continuant les traitements par l'ammoniaque à chaud jusqu'à ce que les eaux décantées ne contiennent plus sensiblement de AzH^4Br, on obtient en effet un corps jaune serin, de composition fixe, qui n'est pas un hydrate comme on aurait pu s'y attendre, mais bien le composé $AzHg^2Br$.

Voici les résultats de l'analyse de trois préparations distinctes obtenues en partant de trois des composés $(AzHg^2Br)^4HgBr^2$ ci-dessus analysés.

Les corps ont été séchés vers 25° à l'obscurité.

	Trouvé.				Calculé pour
	I.	II.	III.	Moyenne.	$AzHg^2Br$.
Hg...........	80,8	80,9	81,1	80,9	80,97
Br...........	16,4	16,0	16,1	16,1	16,18
Az...........	2,85	2,75	2,86	2,82	2,84

Ce corps jaune serin paraît formé de cristaux très petits; porté brusquement au rouge, il explose; chauffé lentement vers 400°, on voit apparaître subitement dans la masse quelques étincelles bleu paon, accompagnées d'un crépitement, et bientôt le corps est entièrement décomposé avec formation de bromure mercureux mêlé de mercure.

Abandonné dans un espace saturé de vapeur d'eau à la température ordinaire, on constate que le $AzHg^2Br$ ainsi obtenu est incapable de fixer l'eau, même après un mois, bien qu'il existe un composé $AzHg^2BrH^2O$ dont on ne peut séparer les éléments de l'eau par la chaleur. Ce corps s'est donc séparé dans un état tel qu'il ne peut régénérer d'hydrate au contact de la vapeur d'eau.

On peut supposer qu'il s'agit d'états de polymérisation analogues à ceux qu'on observe dans l'action des températures élevées sur certains composés minéraux qui deviennent inaptes à fixer à nouveau le composant dont la chaleur les a séparés.

J'ai essayé d'obtenir le $AzHg^2Br$ en partant du $AzHg^2BrH^2O$, mais sans succès, de sorte que je n'ai aucun terme de comparaison pour appuyer cette hypothèse; malgré cela, le fait mérite de retenir l'attention.

En résumé, j'ai obtenu le composé $(AzHg^2Br)^4HgBr^2$ ou $Hg^9Az^4Br^6$ correspondant au corps $Hg^9Az^4I^6$ signalé par François, et j'ai pu, en partant de ce dérivé bromé, obtenir le bromure de dimercuriammonium $AzHg^2Br$ non isolé jusqu'ici.

L'existence des deux dérivés $AzHg^2Br$ et $AzHg^2I$ rend donc vraisemblable celle du $AzHg^2Cl$ qui n'a pu être séparé des composés auxquels on le trouve combiné.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation de composés oxygénés de l'azote et de leurs combinaisons métalliques (fer et plomb) dans la production d'ozone pour la stérilisation des eaux.* Note de M. **Ed. Bonjean**, présentée par M. Roux.

Lorsqu'on recherche la présence des composés oxygénés de l'azote dans l'air ozonisé, en vue de la stérilisation de l'eau, par barbotage de l'air ozonisé dans des solutions alcalines, on n'en trouve pas, et c'est pourquoi, en opérant dans ces conditions, on a conclu à la non-formation de ces produits.

En réalité, dans les grandes installations, tout au moins celles fonction-

nant à concentrations relativement élevées, on constate au contraire qu'il se forme de notables proportions de ces composés très vraisemblablement sous l'action favorisante de la vapeur d'eau atmosphérique qu'il est industriellement si difficile, pour ne pas dire impossible, de retenir en totalité.

Ces composés attaquent les organes métalliques. Ce fait a d'ailleurs été signalé, et c'est pourquoi on a préconisé l'emploi de canalisations en poterie et en verre pour l'air ozonisé.

Néanmoins, dans certaines installations récentes de stérilisation de l'eau par l'ozone, il n'a pas été tenu compte de ces observations encore ignorées par quelques constructeurs, ingénieurs et hygiénistes chargés du montage et de la surveillance de ces installations.

C'est ainsi que dans une des plus grandes installations, j'ai pu recueillir dans les cages des batteries d'ozoneurs et dans les canalisations, employant des plaques et des tuyaux de fonte de grandes quantités d'un mélange en proportions variables d'oxyde ferrique et de nitrate ferrique.

Il m'a été possible de suivre le mécanisme et la marche de la formation de ces composés par l'analyse des produits recueillis successivement depuis l'arrivée de l'air aux ozoneurs jusqu'au contact de l'air ozonisé avec l'eau.

Il y a successivement :

Oxydation et formation d'un oxyde ferrique sans nitrification (dans les batteries d'ozoneurs);

L'oxyde ainsi formé constitue une poudre très fine qui favorise la production, puis la fixation des vapeurs nitreuses (première partie de la canalisation);

Les vapeurs nitreuses s'oxydent au fur et à mesure que l'on s'éloigne des ozoneurs et se transforment en acide nitrique : l'attaque des canalisations fer ou plomb est alors très intense.

Ces composés se forment en telles quantités qu'ils peuvent paralyser la marche des diélectriques, obturer les canalisations de fonte et compromettre la stérilisation de l'eau.

Lorsque l'air ozonisé circule dans des canalisations de plomb, il se forme du nitrate de plomb en fortes proportions qui reste d'abord fixé sur les parois des tuyaux, puis s'en détache et peut en provoquer l'obturation : si ces produits arrivaient jusqu'à l'eau qui doit être stérilisée soit par entraînement par l'air ozonisé, soit par dissolution dans l'eau condensée dans ces canalisations, il pourrait en résulter les plus graves conséquences pour la santé des individus consommant ces eaux.

Ces observations et ces résultats conduisent une fois de plus à prendre les mesures les plus rigoureuses pour proscrire les métaux, tout au moins le fer et surtout le plomb, dans les organes qui doivent être en contact avec l'air ozonisé.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la séparation du graphite dans la fonte blanche chauffée sous pression.* Note de M. **Georges Charpy**, présentée par M. Le Chatelier.

On sait que le carbone qui se trouve combiné au fer dans les fontes soumises à un refroidissement rapide se sépare sous forme de graphite quand on soumet ces métaux à un recuit qui, dans certains cas, n'a pas besoin de dépasser des températures de 600° à 700°. Nous nous sommes proposé de rechercher si cette réaction subsiste quand on opère sous des pressions élevées.

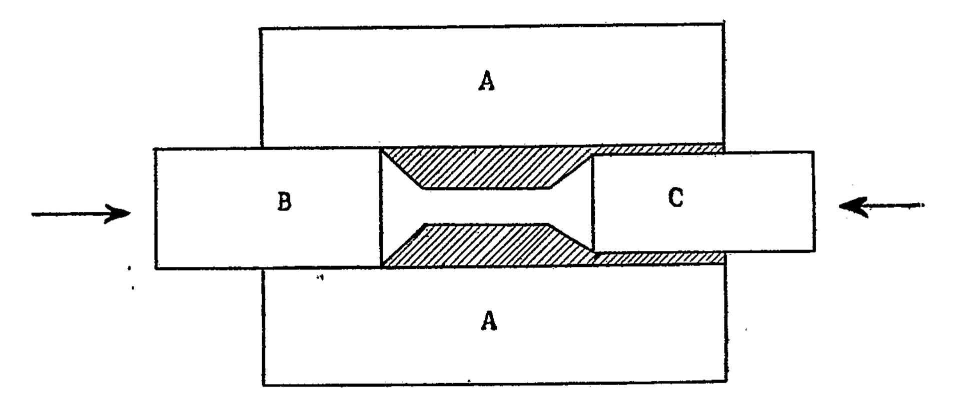
Après divers essais, nous avons réalisé un appareil dans lequel nous avons pu chauffer divers alliages de fer et de carbone à des températures comprises entre 600° et 1200° sous des pressions qui, dans plusieurs essais, ont pu être maintenues à 15000^{atm} environ.

L'appareil, représenté schématiquement dans la figure ci-après, comprend un cylindre creux en acier trempé A, dans lequel on a comprimé très fortement de la magnésie calcinée. La magnésie s'agglomère parfaitement et l'on peut la travailler comme une pierre. Au moyen d'outils de forme convenable, on y pratique un forage de façon à réaliser à l'intérieur du cylindre en acier un garnissage ayant la forme représentée par la partie couverte de hachures. Ce garnissage présente une partie cylindrique de faible diamètre, continuée par deux troncs de cône dont l'un va jusqu'aux parois du cylindre d'acier, tandis que l'autre rejoint un garnissage cylindrique de faible épaisseur. On tasse dans cette partie cylindrique la fonte blanche très finement pulvérisée et on la maintient entre deux pistons d'acier trempé B et C. Le piston B est ajusté exactement dans le cylindre d'acier, le piston C en est isolé par le garnissage en magnésie, mais ce garnissage, réduit à quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, est suffisamment résistant pour qu'on puisse appliquer à la fonte une pression aussi forte que les pistons B et C peuvent la supporter sans se déformer, et isole néanmoins le piston C au point de vue électrique, de sorte qu'on peut faire passer un courant électrique à travers la fonte et la porter ainsi à une température plus ou moins élevée.

Dans l'appareil que nous avons réalisé, la pression était produite au moyen d'une machine à essayer les métaux à la compression, sur laquelle on plaçait l'appareil de façon que l'effort fût appliqué aux pistons B et C. L'effort était mesuré à chaque instant par les leviers de la machine d'essai, et l'on pouvait ainsi le maintenir constant en agissant sur les organes de compression de la machine.

On commençait par comprimer à plusieurs reprises à froid, à une pression de 160^{kg} à 170^{kg} par millimètre carré, jusqu'à ce qu'il ne se produisît plus aucune variation de

volume. On réglait ensuite la pression à 150^{kg} par millimètre carré (soit 15000^{atm}) et l'on chauffait la fonte en faisant passer entre les pistons B et C le courant électrique fourni par un transformateur permettant d'obtenir une grande intensité sous faible voltage. Avec un courant de 500 ampères, on a pu arriver à la fusion de la fonte, soit 1150°, au bout de 5 minutes environ. Pour opérer à des températures plus basses, on agissait pendant des temps plus courts, 2, 3 ou 4 minutes, et l'on recommençait l'opération à plusieurs reprises en laissant refroidir l'appareil dans l'intervalle, mais sans supprimer la pression. Pendant le cours du chauffage, on constatait à partir d'un certain temps une diminution de volume qui aurait fait tomber la pression si l'on ne l'avait pas compensée en agissant sur la machine.



Nous avons opéré de cette façon, en maintenant toujours la pression aux environs de 150^{kg} par millimètre carré et en faisant varier la température jusque vers 1100°, sur une fonte contenant environ 3 pour 100 de carbone et 4 pour 100 de nickel et sur une fonte contenant environ 3 pour 100 de carbone et 2 pour 100 de silicium. Ces fontes étaient coulées sous forme de plaques très minces (4^{mm} d'épaisseur environ) entre des plaques métalliques épaisses. Elles prenaient alors la forme de fontes blanches et ne contenaient que des traces non dosables de graphite. Après chauffage sous pression, toutes les fois que le chauffage a été assez prolongé pour que l'on ait observé la variation de volume dont nous avons parlé plus haut, nous avons observé une proportion de graphite d'autant plus élevée que le chauffage était plus accentué. La poudre fine de fonte blanche s'agglomère même pour des chauffages très faibles et l'on retire de l'appareil un petit cylindre qui peut être poli et examiné au microscope. Le graphite n'est généralement pas nettement caractérisable par ce procédé, car il est extrêmement divisé; mais on peut le séparer facilement en traitant le métal par l'acide azotique chaud et le caractériser par formation d'oxyde graphitique.

Dans une autre série d'essais, nous avons employé, au lieu de fonte, du

carbure de fer Fe^3C extrait d'un acier cémenté par dissolution dans les acides faibles. Ce carbure n'étant pas conducteur de l'électricité, peut-être parce que la surface est altérée par l'action chimique des acides qui servent à le séparer, on le comprimait dans la magnésie, puis on y forait un trou cylindrique dans lequel on plaçait un petit cylindre en fer destiné à servir de conducteur. On a obtenu ainsi les mêmes résultats qu'avec les fontes, c'est-à-dire que, dès que la température a été suffisamment élevée, le carbure s'est décomposé en produisant du graphite. Dans une expérience, nous sommes arrivé, sans laisser tomber la pression, à amener le métal à être sinon liquide, du moins pâteux, puisque le produit retiré était homogène et qu'on ne distinguait plus l'âme en fer doux; dans ce cas encore, nous avons constaté la présence d'une proportion importante de graphite et l'absence de tout autre résidu insoluble.

Les expériences que nous venons de résumer nous conduisent donc à conclure que le carbone provenant de la décomposition du carbure de fer produit à des températures variant de 700° à 1100° et sous des pressions allant jusqu'à 15000^{atm} environ, se sépare à l'état de graphite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude du chlorure d'uranyle.* Note de M. **Œchsner de Coninck**, présentée par M. D. Gernez.

J'ai traité une solution aqueuse concentrée de sulfate uranique pur et fraîchement préparé, par une solution de chlorure de baryum; celle-ci a été ajoutée goutte à goutte jusqu'à précipitation totale de l'acide sulfurique. La liqueur a ensuite été filtrée avec les précautions ordinaires, et le filtratum a été évaporé très doucement sur le bain-marie. Le composé jaune, à reflets légèrement verdâtres, qui se dépose, est constitué par du chlorure d'uranyle; il prend naissance en vertu de la réaction très simple

$$SO^4(UO^2) + BaCl^2 = SO^4Ba + UO^2Cl^2.$$

Il est déliquescent et intégralement soluble dans l'eau.

Cette solution, mise à évaporer lentement dans une atmosphère sèche, laisse déposer des cristaux renfermant $UO^2Cl^2 + H^2O$ (théorie : Cl pour 100 = 19,75; trouvé 19,52 et 19,57).

J'ai réduit le composé par l'hydrogène, avec l'aide de la chaleur; il s'est dégagé de l'acide chlorhydrique et il est resté dans la nacelle de l'oxyde uraneux, sous sa modification noire

$$UO^2Cl^2 + 2H = 2HCl + UO^2.$$

Quelques cristaux ont été mélangés avec un fort excès de potasse caustique, et le tout a été chauffé en tube ouvert jusqu'à fusion. Il s'est produit du peruranate rouge, suivant la réaction que j'ai fait connaître récemment [1] :

$$UO^2Cl^2 + 2K^2O + O = 2KCl + UO^5K^2,$$

et le peruranate a perdu peu à peu de l'oxygène et s'est transformé en uranate jaune

$$UO^5K^2 = O + UO^4K^2.$$

Enfin la solution du chlorure d'uranyle a été additionnée d'une petite quantité de chlorure de baryum, et la liqueur a été traitée par un excès d'ammoniaque concentrée; il s'est formé immédiatement un précipité jaune foncé d'uranate de baryum :

$$UO^2Cl^2 + BaCl^2 + 4AzH^3 + 2H^2O = 4AzH^4Cl + UO^4Ba.$$

Toutes ces réactions ont été faites comparativement avec celles du chlorure d'uranyle préparé par voie sèche.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel alcaloïde retiré de l'écorce du* Pseudocinchona africana (*Rubiacées*). Note de M. **Ernest Fourneau**, présentée par M. A. Haller.

M. le professeur Perrot vient de publier aux *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 1465, une Note concernant l'utilisation, par les indigènes de certaines régions de la Côte d'Ivoire, de l'écorce d'un arbre qu'il avait reçu de son ami, l'explorateur et le savant botaniste africain M. A. Chevalier. De l'étude sommaire qu'il en avait faite, cet auteur avait conclu à la présence d'un alcaloïde en quantité assez élevée, alcaloïde cristallisant facilement et que les essais pharmacodynamiques préliminaires pouvaient faire envisager comme nouveau et intéressant.

Ayant fait venir, grâce à la complaisance de M. Chevalier et du capitaine Schiffer, une quantité assez importante de la drogue, M. Perrot nous en a confié l'étude chimique. Nous avons pu en isoler un alcaloïde cristallisé, insoluble dans l'éther, lévogyre, donnant des sels bien définis, et y constater la présence d'un deuxième alcaloïde soluble dans l'éther, que jusqu'ici nous n'avons pu obtenir à l'état cristallisé, mais dont nous avons préparé un chlorhydrate parfaitement pur, très peu soluble dans l'eau, inactif sur la lumière polarisée.

(1) *Bull. Acad. Roy. de Belgique*, janvier 1909.

Préparation de l'alcaloïde cristallisé. — L'écorce du *Pseudocinchona*, réduite en poudre grossière, est épuisée à froid avec cinq ou six fois son poids d'acide sulfurique très étendu. Les extraits acides réunis sont saturés par du carbonate de soude. Le précipité est isolé et séché, puis mis à bouillir avec de l'éther acétique. Enfin, la solution éthérée filtrée est concentrée au bain-marie et le résidu est précipité par l'éther. On obtient ainsi un magma cristallin jaune foncé que l'on fait recristalliser plusieurs fois dans de l'alcool. Les eaux mères éthérées contiennent le second alcaloïde amorphe qui est séparé du précédent grâce à sa solubilité dans l'éther et au peu de solubilité de son chlorhydrate.

L'alcaloïde cristallisé peut être obtenu pur par recristallisations dans l'alcool méthylique ou éthylique absolu en magnifiques tablettes hexagonales, incolores, anhydres, et, si l'on emploie comme dissolvant l'alcool étendu à 60°, en paillettes fines allongées contenant de l'eau de cristallisation.

Propriétés. — Cristaux blancs se colorant à la lumière, basiques au tournesol, solubles dans le chloroforme bouillant, assez solubles dans l'alcool méthylique, dans l'alcool éthylique et l'éther acétique bouillants, peu dans ces dissolvants froids; très peu solubles dans l'alcool absolu froid, dans le benzène, dans l'éther, dans l'acétone; insolubles dans l'éther de pétrole, dans l'eau pure ou en présence des alcalis.

La modification hydratée se précipite des solutions benzéniques bouillantes en aiguilles fines et légères contenant toute l'eau de cristallisation du produit primitif et se dissout d'abord rapidement dans l'alcool absolu pour se séparer presque aussitôt à l'état anhydre en tablettes hexagonales.

Le point de fusion est assez difficile à déterminer. Quand on projette le produit anhydre sur le bloc Maquenne, il y a une première fusion au-dessous de 200° qui paraît correspondre à une perte d'eau, suivie d'une resolidification et accompagnée d'une décomposition partielle si l'on maintient trop longtemps la température. A 241°-242° la liquéfaction est définitive, et c'est ce moment que je considère comme indiquant le vrai point de fusion.

L'alcaloïde du *Pseudocinchona* donne, avec l'acide sulfurique concentré, solution une incolore qui brunit légèrement après quelques minutes, sans toutefois devenir très foncée. Si à cette solution on ajoute un petit cristal de bichromate de potasse, ce dernier se recouvre d'un enduit noir et détermine dans la liqueur, quand on l'y promène, des traînées bleu foncé. Cette réaction n'est pas particulière à notre alcaloïde, mais elle a été observée avec d'autres bases, qui, par certains côtés, s'en rapprochent.

En solution sulfurique étendue, l'alcaloïde réduit abondamment le permanganate de potassium.

Les alcalis déterminent dans les solutions acides un précipité blanc volumineux, insoluble dans un excès de réactif et dans l'éther, devenant très rapidement cristallin et se précipitant au fond du vase en tablettes hexagonales plus ou moins allongées.

La base est fortement lévogyre. En solution dans l'alcool à 97 pour 100 à 23° à la dilution de 2 pour 100, la déviation observée est de — 5°. Soit $\alpha(D)_{23^\circ} = -125^\circ$. L'analyse conduit à la formule $C^{21}H^{26}N^2O^3$. Cette formule est la même que celle de la québrachine, mais, malgré

beaucoup de ressemblances entre les deux alcaloïdes, on doit les considérer comme différents, ne serait-ce qu'à cause du pouvoir rotatoire qui est dextrogyre pour la québrachine.

Chlorhydrate. — Mise en suspension dans un peu d'eau, à laquelle on ajoute avec précautions de l'acide chlorhydrique, la base du *Pseudocinchona* se dissout d'abord, mais, presque aussitôt, le chlorhydrate commence à se séparer en fines aiguilles. En présence d'un excès d'acide, la précipitation est à peu près intégrale. On purifie le sel par des cristallisations répétées dans l'alcool absolu ou dans l'acide chlorhydrique étendu. Suivant la manière dont il est obtenu, il cristallise en paillettes hexagonales ou en aiguilles prismatiques contenant 2^{mol} ou 3^{mol} d'eau de cristallisation. Il est assez soluble dans l'eau froide qui en dissout 2,53 pour 100 à 20°. Très soluble dans l'alcool absolu chaud et dans l'alcool méthylique, presque insoluble dans l'acétone. Le point de fusion est aussi difficile à déterminer que pour la base cristallisée. Il peut être fixé au bloc Maquenne entre 285° et 290°. Le chlorhydrate est lévogyre. En solution à 2 pour 100 à la température de 20°, $\alpha(D)_{20^\circ} \doteq -63^\circ$.

Le dosage de chlore correspond exactement à la formule $C^{21}H^{26}N^2O^3HCl$. Le *sulfate neutre* se prépare en ajoutant à une solution alcoolique de la base une demi-molécule d'acide sulfurique dissous dans de l'alcool. Le précipité volumineux qui se forme est essoré et recristallisé dans de l'alcool à 80°. On obtient ainsi des aiguilles prismatiques hexagonales fines et brillantes, d'un blanc éclatant, très solubles dans l'eau, presque insolubles dans l'alcool absolu, assez solubles dans l'alcool à 90° bouillant.

Tartrate. — Ce sel s'obtient en mélangeant des solutions alcooliques de base et d'acide tartrique dans la proportion de 1 de base pour 1 d'acide. Le sel brut est recristallisé dans l'alcool absolu. Il se sépare de ce dissolvant en petites tablettes brillantes, rectangulaires ou losangiques, très solubles dans l'eau et dans l'alcool bouillant, peu solubles dans l'alcool froid.

Iodométhylate. — En solution alcoolique tiède, la base du *Pseudocinchona* fixe 1^{mol} d'iodure de méthyle sans qu'il se produise une élévation notable de température. Après quelques heures, l'iodométhylate est précipité en un amas de prismes durs qu'on fait recristalliser dans de l'alcool à 80°. Il se présente alors sous la forme d'aiguilles prismatiques brillantes, fondant au-dessus de 300°, presque insolubles dans l'eau, même à l'ébullition, insolubles dans l'alcool absolu, mais solubles dans l'alcool à 80° bouillant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la lactonisation des acides-alcools.* Note de MM. E.-E. Blaise et A. Kœhler, présentée par M. A. Haller.

Dans des Notes antérieures nous avons indiqué les résultats auxquels l'étude de la cyclisation des dicétones et des acides cétoniques nous a conduits. Il était intéressant d'étendre ces recherches aux chaînes hétérocycliques, afin de voir si l'introduction dans le cycle d'un élément différent du carbone ne permettrait pas d'obtenir des chaînes fermées renfermant plus de 6^{at}. C'est dans ce but que nous avons étudié,

d'une manière systématique, la lactonisation des acides-alcools. Les lactones γ et δ sont fort bien connues, mais les lactones ε et ζ le sont beaucoup moins. La première lactone ε connue fut entrevue par Œhler et son existence fut confirmée plus tard par Bayer (*Berichte*, t. XXX, p. 1954, et t. XXXII, p. 3621). Depuis, Bayer et Villiger ont indiqué la formation de lactones par action du réactif de Caro sur les cyclanones, et, en traitant la subérone par ce réactif, ils ont pensé avoir obtenu une lactone ζ. Toutefois, ils n'indiquent pour celle-ci aucune caractéristique et, d'après nos résultats, son existence semble, pour le moins, infiniment douteuse. D'ailleurs jusqu'ici, aucun acide-alcool ε ou ζ synthétique n'était connu et tous les composés lactoniques obtenus dérivaient, le plus souvent, de produits naturels.

Nous nous sommes préoccupés d'abord d'obtenir synthétiquement des acides-alcools dans lesquels la position relative des deux fonctions ne pût laisser aucun doute. Nous avons atteint ce but en réduisant les acides cétoniques correspondants, préparés eux-mêmes synthétiquement par la méthode que nous avons donnée récemment. Il est assez intéressant d'observer que la réduction des acides cétoniques s'effectue de plus en plus difficilement à mesure que le poids moléculaire augmente et que les deux fonctions s'éloignent davantage l'une de l'autre. La méthode qui nous a donné les meilleurs résultats consiste à effectuer la réduction au moyen du zinc et de la potasse, en présence de platine. Mais, même dans ces conditions, trois réductions successives sont nécessaires pour déterminer une hydrogénation totale. Le cas échéant, l'acide-alcool et l'acide cétonique peuvent, d'ailleurs, être très facilement séparés l'un de l'autre au moyen de la semicarbazide. Les deux acides que nous avons ainsi préparés sont : l'octanol-6-oïque-1 et le nonanol-7-oïque-1 :

$$C^2H^5-CHOH-(CH^2)^4-CO^2H, \qquad C^2H^5-CHOH-(CH^2)^5-CO^2H.$$

L'octanoloïque est un liquide très visqueux, mais qui ne manifeste pas de tendance à la cristallisation. Ce corps est parfaitement stable, dans les conditions ordinaires. Il est, cependant, transformable en lactone, et cette lactonisation se produit très simplement en distillant lentement l'acide dans le vide. On obtient ainsi une ε-lactone, l'ε-octolactone, qui bout à 114°-115° sous 10^{mm} et qui, hydratée au moyen des alcalis, régénère l'acide primitif, stable. Il y avait lieu de rechercher si les agents de déshydratation seraient également capables de transformer les acides-alcools ε en lactones, et nous avons examiné l'action de l'acide sulfurique à 50 pour 100, en volume. En faisant bouillir l'octanoloïque avec cet acide, pendant 5 minutes, on obtient bien, en effet, une lactone, mais celle-ci est absolument différente de l'ε-octolactone. Les points d'ébullition et les points de fusion des hydrazinolactones correspondantes ne concordent pas.

Nous avons pensé que la lactone obtenue dans l'action de l'acide sulfurique devait être une lactone γ : la γ-*n*-butylbutyrolactone.

L'expérience a confirmé cette hypothèse, car nous avons réussi à préparer synthétiquement la butylbutyrolactone, en utilisant les réactions suivantes, et les deux corps se sont montrés identiques :

$$COCl - CH^2 - CH^2 - CO^2C^2H^5 \rightarrow C^4H^9 - CO - CH^2 - CH^2 - CO^2 - C^2H^5$$
$$\rightarrow C^4H^9 - CHOH - CH^2 - CH^2 - CO^2H \rightarrow C^4H^9 - \underset{\displaystyle O \text{———————}}{\overset{}{CH}} - CH^2 - \underset{\displaystyle CO}{CH^2}.$$

L'acide sulfurique détermine donc une migration de la fonction alcoolique, et, si l'on rapproche ce résultat de ceux que nous avons déjà obtenus antérieurement dans l'étude des acides-alcools et des acides non saturés, on peut dire qu'un acide-alcool ou un acide éthylénique, traité par un acide sulfurique de concentration convenable, donne toujours une lactone, quelle que soit la position de la fonction alcool ou de la double liaison dans la molécule primitive.

Nous avons effectué sur le nonanoloïque les mêmes recherches que sur son homologue inférieur. Dans le cas de l'action de la chaleur, les résultats sont tout différents. Si l'on distille cet acide dans le vide, il passe à la distillation absolument inaltéré, à 204° sous 25^{mm}. Il ne se forme pas trace de lactone et la distillation laisse simplement un résidu, non distillable sans décomposition, et constitué par des corps de nature lactidique. On peut donc dire qu'il n'existe pas de ζ-lactones et que les acides-alcools ε sont les derniers qui soient capables de se lactoniser. Tout autres sont les résultats qu'on obtient par action de l'acide sulfurique. Ici encore, il se forme une lactone qui bout à 137°-138° sous 14^{mm}, mais qui constitue, comme dans le cas précédent, une lactone γ résultant de la migration de la fonction alcoolique : la γ-*n*-amylbutyrolactone.

On voit, en résumé, que, à partir de la position ζ, il n'y a plus de réaction entre les fonctions acide et alcool dans une même molécule, fait qui est d'accord avec les résultats obtenus par M. Braun (*Berichte*, t. XXXIX, p. 4362) dans l'étude des acides halogénés.

Par contre, les lactones ε sont des corps parfaitement caractérisés et il paraît probable que, d'une manière générale, les chaînes hétérocycliques pourront renfermer dans leur cycle un atome de plus que les chaînes purement carbocycliques. Ce dernier fait est d'ailleurs confirmé par les recherches de M. Gabriel : *Sur les amino-acides et les aminocétones* (1).

(1) Gabriel et Maass, *Berichte*, t. XXXII, p. 1271, et Gabriel, *Berichte*, t. XLII, p. 1259.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'amidon soluble.* Note de M. **Ch. Tanret**, présentée par M. L. Maquenne.

De tous les procédés qui ont été donnés pour préparer l'amidon soluble, celui de M. Fernbach [1] est peut-être le meilleur. Je rappelle qu'il consiste à traiter la fécule, à froid, pendant une demi-heure, par de l'acide chlorhydrique à $\frac{1}{1000}$, puis, après un lavage à fond à l'eau distillée, à la dessécher à 30°, enfin à la chauffer pendant 8 à 10 jours à 46° ou 1 heure et demie environ à 100°-110°, ou même encore à la laisser très longtemps à la température ordinaire. Selon l'auteur, il ne se produit à 46° ni dextrine, ni sucre réducteur, et à 100° il ne s'en forme que des traces indosables. Mais en quoi consiste au juste l'amidon devenu soluble à 100° et au-dessus? C'est ce que j'ai cru intéressant de rechercher.

I. J'ai d'abord essayé de préparer de l'amidon soluble en suivant les indications ci-dessus; mais en me contentant d'une dessiccation sommaire, qui a laissé 17 pour 100 d'eau à la fécule, et d'une chauffe de 1 heure seulement en vase clos à 100°-110°.

La fécule ainsi traitée a été épuisée par 50 fois son poids d'alcool à 25° bouillant; la liqueur filtrée chaude s'est fortement troublée en refroidissant. On l'a alors additionnée d'assez d'alcool à 95°, soit moitié de son volume, pour y produire un précipité qu'une forte agitation a rassemblé. Recueilli sur un filtre, il a été lavé à l'alcool absolu et desséché, d'abord sur l'acide sulfurique, puis à 100°. Ce produit n'est plus que très peu soluble dans l'eau bouillante et la partie qui s'y est dissoute m'a donné $[\alpha]_D = 208°$ à 210°. Quand il a été ainsi lavé, il ne colore pas l'eau iodée, mais donne un iodure bleu insoluble. Il se dissout dans la potasse caustique sans former gelée et si, après avoir neutralisé la solution avec de l'acide acétique, on y verse de l'eau iodée, l'iodure bleu formé se dépose au milieu d'une liqueur incolore.

Il semble donc exister une grande analogie entre ce corps amorphe et l'amylose en grains de MM. Maquenne et Roux.

L'alcool a ensuite été distillé et le résidu repris par quelques parties d'eau a été précipité en deux fois par de l'alcool fort. On a ainsi obtenu deux produits ayant $[\alpha]_D = +180°,5$ et 173°; leurs solutions se coloraient respectivement par l'iode en rouge violet et en rouge. Une addition suffisante d'eau faisait disparaître la coloration que du nouvel iode reproduisait. Finalement la solution alcoolique évaporée à siccité a laissé un résidu ayant $[\alpha]_D = +154°,5$, colorant l'iode en rouge et réduisant la liqueur de Feh-

(1) *Comptes rendus,* t. CXL, p. 1403.

ling comme le tiers de son poids de glucose. Ce mélange (érythrodextrines) constituait environ les $\frac{8}{100}$ du produit enlevé par l'alcool faible bouillant. Moitié de la fécule était restée indissoute. Desséchée, celle-ci se dissolvait dans l'eau bouillante dans la proportion d'un quart seulement avec $[\alpha]_D = +188°,6$. La solubilisation de la fécule était donc peu avancée.

II. Deux autres préparations d'amidon soluble ont été faites avec de l'acide à $\frac{1}{1000}$. La dessiccation à l'air libre a été prolongée, et la fécule, ne retenant plus que 10,8 pour 100 d'eau, a été chauffée en vase clos, une partie (A) pendant 80 minutes à 100°-120°, dont 12 minutes à 120°, et l'autre (B) 20 minutes de plus à 110°. Le traitement de la fécule B a été conduit comme le précédent. Cette fois, le précipité formé par l'alcool fort et lavé à l'alcool absolu était soluble dans l'eau bouillante et avait $[\alpha]_D = +191°$; sa solution donnait avec l'iode un beau bleu qu'un excès faisait tirer sur le violet. Quant au résidu de la distillation de l'alcool, il formait les $\frac{15}{100}$ de la fécule primitive avec $[\alpha]_D = +159°$. Redissous dans l'eau et précipité par l'alcool, il a donné une dextrine ayant $[\alpha]_D = +181°$, se colorant par l'iode en violet rouge et réduisant comme 6,6 pour 100 de glucose. La partie restée dissoute avait $[\alpha]_D = +136°,5$, réduisait comme 28 pour 100 de glucose et se colorait légèrement en rouge par l'iode. L'alcool à 26° bouillant avait laissé indissous $\frac{1}{10}$ de la fécule primitive. Ce produit était presque complètement soluble dans l'eau bouillante et avait $[\alpha]_D = 195°,6$; il donnait avec l'iode un bleu presque pur.

III. Pour la fécule A le traitement a été un peu différent. On l'a épuisée successivement par des alcools à 85° et 60° bouillants. On a ainsi obtenu des mélanges de dextrines ayant $[\alpha]_D = +153°,2$; 171°; 182,7 et 190° (formant le $\frac{1}{10}$ de la fécule primitive). La solution du premier ne se colorait pas par l'iode et celles des suivants donnaient du rouge, du rouge violet et du bleu violet. Quant à la fécule non dissoute par les alcools, $\frac{9}{10}$ étaient solubles dans l'eau bouillante avec $[\alpha]_D = +196°,4$. La solution donnait avec l'iode du bleu presque pur.

Il résulte nettement de ce rapide exposé que l'amidon soluble préparé à chaud est un mélange de corps qui diffèrent les uns des autres par leur pouvoir rotatoire, leur action réductrice sur la liqueur de Fehling, leur coloration par l'iode et leurs solubilités dans l'alcool à divers titres. Puisque cet amidon soluble ne constitue pas un corps unique, l'appellation d'*amidon solubilisé* lui conviendrait évidemment mieux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'eau oxygénée pure sur l'oxyhémoglobine cristallisée.* Note de M. I. **Szreter**, présentée par M. Roux.

Dans un précédent travail (¹) j'ai obtenu, par l'action de l'eau oxygénée officinale sur l'oxyhémoglobine cristallisée, une substance amorphe caractérisée par sa teneur

(¹) *Comptes rendus*, 16 juillet 1907.

en fer et représentant bien une étape dans la dégradation méthodique de la matière colorante.

J'ai constaté depuis que la nature de l'eau physiologique employée pour la préparation de l'oxyhémoglobine avait une influence sur le mécanisme de l'oxydation. Le chlorure de sodium de l'eau physiologique et l'acidité chlorhydrique de l'eau oxygénée produisent une certaine quantité de chlore libre, dont l'action oxydante se superpose à l'effet de l'eau oxygénée.

En employant l'eau oxygénée pure (perhydrol Merck) comme agent oxydant et en effectuant les lavages nécessaires à la préparation de l'oxyhémoglobine cristallisée avec une solution physiologique de sulfate de sodium pur, on réussit à éviter toute action oxydante provenant du chlore et à déterminer exactement la nature de l'oxydation.

Dans ces conditions, on constate que l'eau oxxgénée pure n'agit qu'imparfaitement sur l'oxyhémoglobine cristallisée. Les solutions de pigment ne se décolorent pas et il se produit au bout de quelques jours un dépôt brun, le liquide restant coloré en jaune foncé.

Je me suis attaché à déterminer la cause de cette différence dans l'action de l'eau oxygénée.

A un tout autre point de vue, Schmidt (1) a remarqué que l'eau oxygénée décompose comme par un catalyseur l'action d'une solution de globules laqués.

Au contraire, les solutions d'oxyhémoglobine cristallisée se décolorent facilement et ne produisent presque pas de catalyse.

Schmidt expliquait déjà ces faits en supposant liée au globule rouge une substance catalytique ayant le pouvoir de décomposer l'eau oxygénée. L'absence de cette substance dans l'oxyhémoglobine cristallisée fait que ce pigment pur n'a pas d'action catalytique.

J'ai pensé alors que des cristallisations répétées me donneraient de l'oxyhémoglobine à un haut degré de pureté, pouvant être oxydée par l'eau oxygénée pure et que le produit résultant assurément exempt de chlore pourrait être comparé à la substance blanche ferrugineuse faisant l'objet de ma première Note.

Une solution d'oxyhémoglobine de troisième cristallisation ($1^g,45$ dans 100^{cm^3}) a été traitée par de l'eau oxygénée pure (40^{cm^3} H^2O^2 à 50^{vol}). On ne constate qu'un faible dégagement gazeux, et après 12 heures la décoloration est complète. Mais la liqueur se trouble; il se produit un léger louche qui va s'accentuant jusqu'au cinquième jour d'exposition en formant un faible précipité. Après ce temps, la solution est devenue stable, même à la chaleur; filtrée, elle donne un liquide incolore qui, desséché dans le vide sulfurique, abandonne un extrait blanc hygroscopique ferrugineux.

Le précipité, séparé du filtre, desséché à son tour, dans les mêmes conditions, donne un produit solide brun translucide contenant encore du fer.

---

(1) *Pflüger's Archiv*, t. VI.

L'analyse du fer dans le produit blanc provenant de l'oxydation de l'oxyhémoglobine pure a donné les résultats suivants :

Matière (séchée à poids constant)	0,4070	0,3646
Cendres...........................	»	0,0054
Fer...............................	0,0038	0,0037
Fer pour 100......................	0,94	1,00

On constate que les cendres sont constituées uniquement par de l'oxyde de fer, preuve matérielle de la pureté des matériaux en expérience.

Les produits préparés dans ces nouvelles expériences font voir que dans mon premier travail j'avais obtenu une substance constituée par un mélange de matières séparées maintenant. La substance insoluble était alors solubilisée, peptonisée par l'action de l'acide libre contenu dans l'eau oxygénée.

Il restait à démontrer que l'eau oxygénée pure agissant sur l'oxyhémoglobine pure peut ne pas donner le phénomène précédent si l'on fait intervenir la présence d'un agent catalysant qui se trouve d'ordinaire dans l'oxyhémoglobine impure.

On sait que Senter (1) a isolé des globules du sang une enzyme qu'il nomma *hémase,* semblable par son action sur l'eau oxygénée à la *catalase* de O. Loew. Cette catalase existe encore dans l'oxyhémoglobine de première cristallisation, tandis que l'oxyhémoglobine pure de troisième cristallisation en est dépourvue.

En appliquant la méthode de Senter pour extraire la catalase des globules du sang, j'ai remplacé le lavage à l'eau salée (Na Cl) par le lavage avec des solutions de Na^2SO^4 à 5 pour 100; on obtient ainsi une substance douée d'un haut pouvoir catalytique et cependant exempte de chlore.

Pour définir les quantités de catalase en expérience, j'ai toujours préparé cette substance en employant 100^{cm^3} de globules de sang. Le produit résultant des opérations décrites par Senter était extrait avec une quantité constante d'eau pure (100^{cm^3}); ainsi toutes les préparations contenaient la même quantité de matière active.

Les essais suivants ont été effectués avec de l'oxyhémoglobine récemment préparée de troisième cristallisation, contenant $1^g,19$ de matière sèche pour 100^{cm^3} de solution. A cette solution, on a ajouté des quantités variables d'eau oxygénée pure à 5^{vol}.

I. 5^{cm^3} de solution d'oxyhémoglobine + 1^{cm^3} d'eau oxygénée.

La décoloration est produite après 2 heures de contact. Presque pas de catalyse. En répétant cette réaction avec des quantités croissantes d'eau oxygénée, la durée de

(1) *Zeitschrift für physikalische Chemie,* t. XLIV.

l'expérience diminue considérablement et la décoloration peut devenir presque instantanée avec 3^cm³ d'eau oxygénée.

Dans tous les cas, le phénomène catalytique est très faible.

II. 5^{cm^3} de solution d'oxyhémoglobine + $0^{cm^3},5$ de la solution de catalase selon Senter.

La décoloration de la liqueur ne se produit qu'après avoir ajouté 6^{cm^3} d'eau oxygénée et seulement après 8 heures de contact. Il se fait une quantité de mousse importante. On voit que le pouvoir catalyseur de la substance ajoutée empêche par la destruction de l'eau oxygénée l'action oxydante et la décoloration de se produire.

III. Si à 5^{cm^3} de solution d'oxyhémoglobine on ajoute des volumes décroissants de catalase (de $0^{cm^3},2$ à $0^{cm^3},025$) pour une même quantité d'eau oxygénée (1^{cm^3}), on constate très nettement que la décoloration augmente en quantité inversement proportionnelle avec la catalase ajoutée.

IV. Un dernier essai a été effectué en s'adressant à une solution d'oxyhémoglobine de première cristallisation ($1^g,19$ pour 100).

Pour 5^{cm^3} de solution d'oxyhémoglobine il fut nécessaire d'ajouter 5^{cm^3} d'eau oxygénée pour amener un commencement de décoloration. Cette addition s'accompagne ici de la mousse caractéristique du pouvoir catalyseur.

Les trois premières expériences, mises en parallèle avec l'expérience IV, montrent avec certitude que l'oxyhémoglobine de première cristallisation conserve, provenant des globules rouges, des substances catalysantes pour l'eau oxygénée.

On s'explique alors la difficulté d'obtenir un produit homogène et pur dans l'oxydation de l'oxyhémoglobine au moyen de cet agent. Il devient nécessaire avant tout travail de purifier la matière colorante par plusieurs cristallisations.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les acides cholaliques.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Roux.

Les deux méthodes classiques de préparation de l'acide cholalique sont basées sur le traitement de la *bile totale* par les bases alcalines ou terreuses.

Le procédé à la baryte, le plus ancien, consiste à faire bouillir, au bain de sable, la bile avec de la baryte. Il se fait une libération d'acide cholalique à l'état de sel de baryum qui est ensuite décomposé par l'acide chlorhydrique.

Mylius, puis Lassar-Cohn, arrivent au même résultat par l'attaque à la soude.

I. La bile étant un milieu très complexe, nous avons commencé par

extraire le glycocholate de soude cristallisé de la bile de porc, comme il a été indiqué antérieurement ([1]).

Ce sel est hydrolysé par de l'acide sulfurique à des concentrations variant de 10 à 50 pour 100. Dans ces milieux acides aqueux, l'acide glycocholique est maintenu en solution par l'addition d'acide acétique en fortes proportions. Au bout d'une demi-heure de chauffe, au bain d'huile à 135°, on voit apparaître des gouttes huileuses d'acide cholalique qui se réunissent et tombent au fond du ballon. L'opération complète demande 4 heures.

On isole ainsi du glycocolle cristallisé (12 pour 100) et l'acide cholalique qui, redissous dans les alcalis et précipité par les acides, donne à l'analyse :

I..................	C = 74,5	H = 9,6
II..................	C = 74,34	H = 9,73

répondant à la formule classique $C^{25}H^{40}O^{4}$.

Comme cet acide provient d'un sel biliaire non soufré, nous proposons de l'appeler acide *glycocholalique*. Cette substance résineuse, blond jaunâtre, sans aucune saveur, a la propriété très intéressante de distiller à la pression ordinaire ou mieux sous pression réduite.

Entre 250° et 310°, sous la pression de 18^{mm} de mercure, il distille, en même temps qu'une faible quantité d'eau, 60 pour 100 d'une huile blonde qui se condense sous forme de poix, analogue comme saveur et comme couleur à la colophane.

Cette résine reste acide, mais par le fait de perte d'eau sa composition devient :

I..................	C = 77,80	H = 9,60
II..................	C = 77,40	H = 9,82

et sa formule $C^{25}H^{38}O^{3}$.

II. On obtient, par dérivation des acides bilaires soufrés, un autre acide cholalique (*acide taurocholalique*), à partir du taurocholate de soude cristallisé dont la préparation sera étudiée ultérieurement. Pour simplifier, on peut partir du taurocholate amorphe isolé directement de la bile après élimination des autres substances qui l'accompagnent.

Si l'on choisit une bile riche en sel biliaire soufré (bile de chien) et qu'on la soumette au traitement déjà indiqué ([2]), on sépare la masse des taurocholates qui, hydrolysés en liqueur acide très faible (acide sulfurique à 1,5 ou 2 pour 100), nous ont donné de la taurine cristallisée (15 pour 100) et l'acide taurocholalique.

Cet acide brut possède la composition suivante :

I..................	C = 68,96	H = 9,00
II..................	C = 69,21	H = 9,19

([1]) Piettre, *Comptes rendus*, 2 novembre 1908.

([2]) Piettre, *Comptes rendus*, 8 février 1908.

Dans les mêmes conditions, nous avons isolé l'acide provenant des biles de bœuf et de congre (*Conger vulgaris* Cuv.) :

Bœuf.	I.........	C = 70,85	H = 9,56
	II.........	C = 69,7	H = 9,42
Congre.	I.........	C = 60,4	H = 9,52
	II.........	C = 59,58	H = 9,35

Cet acide n'a pu être distillé, ce qui constitue une première différence entre les acides glycocholaliques et taurocholaliques.

III. Une deuxième différence plus importante est fournie par ce fait que, soumis aux méthodes de réduction, l'acide taurocholalique seul donne un produit de réduction cristallisé. Le meilleur agent réducteur est le sodium en liqueur alcool amylique.

5^g d'acide sont dissous dans 500$^{cm^3}$ d'alcool amylique, dans lequel on projette, à froid d'abord, puis à chaud, 45^g environ de sodium en morceaux.

L'attaque terminée, on ajoute 1^l d'eau pour décomposer l'amylate de soude.

L'alcool amylique, tenant en dissolution la matière organique, est lavé à l'eau chlorhydrique, puis à l'eau seule jusqu'à neutralité. On le distille au bain-marie en s'aidant du vide.

Le résidu, *totalement* débarrassé d'alcool, est repris par une petite quantité d'éther anhydre. Parfois, ce traitement libère une première quantité de produit cristallisé; le plus souvent, la cristallisation demande plusieurs heures et une évaporation très lente de l'éther.

Les cristaux ainsi formés sont isolés de la masse sirupeuse amorphe par addition d'éther anhydre. On les recueille sur un filtre à succion. Après dessiccation, on les soumet à l'analyse :

Bœuf.	I.........	C = 70,48	H = 10,19
	II.........	C = 70,15	H = 10,15
Veau.	I.........	C = 70,12	H = 10,21
	II.........	C = 69,94	H = 10,28
Chien.	I.........	C = 70,22	H = 10,25
	II.........	C = 69,89	H = 10,13

C'est une très belle matière de formule brute $C^{24}H^{42}O^5$ à fonction acide, parfaitement cristallisée, blanche, sans odeur, *totalement insipide*, qui fond à 180° en se ramollissant.

Solubilité dans l'éther, très faible, 0,187 pour 100 ; presque nulle dans l'eau, 0,018 pour 100.

Pouvoir rotatoire : $\Delta = + 54°46'$.

L'abaissement du point de congélation dans l'acide acétique correspond à 211, nombre très voisin du demi-poids moléculaire calculé.

Ce corps provenant de la réduction est plus saturé que celui dont il dérive, ce qui est démontré par la quantité d'iode absorbée égale à 49 pour 100 à l'origine et à 14 pour 100 après l'hydrogénation.

Le rendement ne dépasse pas 25 pour 100 de l'acide taurocholique soumis à la réduction.

Conclusion. — Les acides cholaliques biliaires sont différents, non seulement par ce fait qu'ils sont unis à des acides amidés (glycocolle, taurine), mais ils sont différents en soi indépendamment du complexe dans lequel ils peuvent entrer.

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Régénération chez les Syllidiens, spécialement régénération céphalique et postcéphalique, et régénération caudale en un écusson germinal persistant.* Note de M. **Aug. Michel**, présentée par M. Henneguy.

Le pouvoir régénératif est très grand chez les Syllidiens; si la reformation d'une queue est facile chez la plupart des Annélides, la reproduction de la tête est chez les autres groupes exceptionnelle, alors qu'elle est la règle pour celui-ci. Plusieurs auteurs ont déjà cité des cas de Syllidiens portant une tête régénérée, mais la plupart recueillis à cet état, à l'exception surtout de Pruvot, qui chez *Syllis prolifera* a étudié expérimentalement la régénération en la comparant à la stolonisation. A la station zoologique de Naples, j'ai fait de très nombreuses expériences sur les espèces *Syllis amica, S. prolifera, S. vittata, S. cirropunctata* n. sp. (voir *Comptes rendus*, 1er février 1909), *Trypanosyllis zebra, Odontosyllis virescens;* je suis arrivé à cette conclusion que, pour tous les fragments de Syllidiens ayant continué à vivre, la réparation antérieure ne se bornait pas à une cicatrisation, mais était toujours suivie de la régénération d'une tête, de même que la production d'une queue est la règle pour la réparation postérieure.

De simples fragments peuvent suffire; à double section ils régénèrent à la fois tête et queue; j'ai même vu des queues anciennes de *Trypanosyllis zebra* de 5^{mm}, 3^{mm}, $2^{mm},5$ régénérer une tête, des fragments de *Syllis vittata* de 5-7 anneaux régénérer queue et tête, et même plus que la tête proprement dite; tel est pour cette dernière espèce le résultat d'essais méthodiques en vue de déterminer le nombre minimum de segments, au-dessous duquel les fragments mouraient tous sans trace de régénération, essais cependant encore insuffisants pour arrêter un chiffre. J'ai vu aussi des fragments des diverses espèces citées réaliser en même temps la régénération céphalique et la stolonisation (épigamie pour la dernière espèce, schizogamie pour les autres).

La partie antérieure régénérée peut être assez complète. Un temps variable (1-12 jours) après la section, la régénération débute par un mamelon central; sur ce mamelon apparaissent (1-3 jours après) une antenne médiane et une paire d'antennes latérales, ordinairement en même temps, parfois avec un retard notable plutôt des antennes latérales; la tête peut se compléter bientôt par deux paires d'yeux (apparus successivement) et des palpes; au moins chez *S. prolifera* et *S. vittata*, j'ai vu la régénération se poursuivre le plus souvent par l'acquisition d'une partie post-céphalique, un anneau tentaculaire avec deux paires de cirres tentaculaires apparus successivement, et généralement aussi un, exceptionnellement deux ou plusieurs anneaux sétigères. La régénération ne s'arrêtait jamais d'elle-même, mais seulement par une mort prématurée due aux mauvaises conditions de l'expérience et de l'élevage, à un des stades de formation de la tête; en sorte qu'on peut considérer l'évolution comme amenant normalement la production d'un ou plusieurs segments post-céphaliques.

Je citerai en particulier les cas suivants : 1° une partie postérieure de *S. vittata* avait commencé à régénérer une extrémité antérieure, à savoir tête pourvue de trois antennes, deux paires d'yeux et palpes et anneau tentaculaire, lorsqu'elle se mit à produire un stolon qui à sa séparation enleva la plus grande partie des anneaux; finalement il resta un fragment très court de sept anneaux anciens, terminé par des régénérats plus étroits, une tête et bientôt une queue; 2° une *S. prolifera*, outre une tête avec ses trois antennes, ses palpes et ses deux paires d'yeux, et un anneau tentaculaire avec ses deux paires de cirres tentaculaires, régénéra deux anneaux sétigères avec leurs parapodes pourvus de soies et leurs cirres dorsaux; 3° un fragment de *S. amica* reproduisit d'abord une tête avec trois antennes, puis successivement des palpes, deux paires d'yeux, un anneau tentaculaire avec ses deux paires de cirres tentaculaires; bientôt (fin de la deuxième semaine) la base allongée du bourgeon céphalique permit de distinguer des anneaux sétigères avec cirres dorsaux et parapodes à soies, dont l'augmentation atteignit un maximum de quatre (vers la fin de la quatrième semaine); cette région (deux semaines après la section) était gonflée par la dilatation du tube digestif; ce renflement intestinal devint de plus en plus contractile, animé même de mouvements périodiques; cependant (même après un nouvel intervalle de trois semaines) il resta mince, sans manifester la différenciation en trompe (notamment proventricule musculaire) que Mesnil a rencontrée chez une *S. gracilis;* il est vrai qu'alors l'observation fut interrompue par une stolonisation, qui, ne laissant à la souche qu'un anneau en plus de la nouvelle partie antérieure, la condamnait à périr; force fut de fixer pour la conservation cet exemplaire, remarquable par le développement de son régénérat céphalique et la multiplicité, d'ailleurs dissymétrique, de têtes stoloniales (voir *Comptes rendus*, 15 février 1909).

La régénération caudale a lieu, comme d'habitude, par l'apparition, au bout d'un nombre de jours variable, d'un mamelon ventral, pygidium sur

lequel se développent bientôt deux cirres anaux; puis sur la base allongée apparaît une segmentation; les premiers anneaux plus distincts développent des appendices. Notamment chez *S. cirropunctata*, les queues ainsi régénérées, avant qu'elles ne soient arrivées à leur état définitif de taille et d'aspect, sont déjà employées à la formation de stolons acéphales.

Un état anormal intéressant s'est présenté à deux reprises à la suite d'une dévagination de l'intestin à la section; normalement, le travail germinal de régénération débute à la face ventrale, puis s'étend au pourtour de la section de manière à constituer une ébauche fermée à la base et d'ouverture dorsale de plus en plus réduite en anus vers l'extrémité; dans les deux cas en question, la dévagination de l'intestin a empêché ce reploiement pendant la continuation du travail évolutif, ainsi resté localisé : d'où un bourgeon déjà avancé, encore étalé en un écusson ventral avec des segments en simples bandes plates, portant les appendices ordinaires, à la façon d'un disque germinal embryonnaire. Cet ensemble anormal ne tarde pas d'ailleurs à se détruire.

1° Chez un fragment de *S. vittata,* régénérant en même temps tête et queue, fait saillie, à la limite du corps et de l'intestin dévaginé, un pygidium en bourrelet étroit avec double cirre anal dirigé transversalement, mais ce pygidium reste court; puis la base s'allonge en une région ventrale étalée qui se divise en segments courts; les premiers montrent bientôt vers le bord des cirres dorsaux et, vers la ligne médiane, des parapodes et des cirres ventraux; finalement l'écusson présente six segments pourvus d'appendices, les premiers assez avancés, notamment avec leurs soies et leurs cirres dorsaux multiarticulés, assez longs et dépassant le corps sur les côtés; d'ailleurs l'insertion, d'abord presque médiane, est devenue pour les premiers de plus en plus latérale; cependant, l'écusson ne dépasse pas le bord et dorsalement, par l'absence de paroi, l'intestin dévaginé reste à découvert. 2° De même chez une *S. prolifera*, à la suite de la destruction de demi-bourgeons terminaux d'une souche, une régénération caudale est tentée malgré une dévagination de l'intestin : elle ne produit qu'un écusson ventral, terminé par deux cirres anaux et un petit cirre impair, et divisé en segments avec ébauches de cirres dorsaux.

PHYSIOLOGIE. — *Mécanisme de l'immunité des serpents contre la salamandrine.* Note de Mme **Marie Phisalix**, présentée par M. Edmond Perrier.

J'ai indiqué dans une Note antérieure (¹) que le sérum de serpents, mélangé à une dose mortelle de salamandrine, empêche l'effet convulsivant de cette

(¹) *Immunité naturelle des serpents contre les venins des Batraciens et, en particulier, contre la salamandrine* (*Comptes rendus,* 29 mars 1909, p. 857).

substance chez la vipère aspic et les couleuvres, et qu'il perd en outre son action protectrice quand on le chauffe à la température de 58° pendant 15 minutes, c'est-à-dire dans les conditions qui en détruisent la substance toxique, ou *échidno-toxine*. La dose de sérum de vipère ou de couleuvre capable de combattre les effets de 1^{mg} de salamandrine (effets mortels pour une vipère ou un cobaye) est en moyenne de 2^{cm^3}.

Cette dose qui, injectée seule, n'a pas d'effet toxique sur les serpents, tue le cobaye avec les symptômes de l'envenimation vipérique.

Or, quand on la mélange à la dose également mortelle de salamandrine, on n'a plus qu'un mélange inoffensif, aussi bien pour le cobaye que pour le serpent; nous ne rapporterons donc, pour mettre en évidence ce fait, qu'une expérience, celle qui est relative au cobaye.

Expérience I. — Un cobaye pesant 400^{g} reçoit sous la peau de l'aine un mélange de $2^{cm^3},25$ de sérum de couleuvre à collier et de 1^{mg} de chlorhydrate de salamandrine, la température de l'animal étant 38°,9 avant l'inoculation.

Aussitôt après, il reste immobile dans la position où il est déposé, court normalement quand on l'excite, mais ne manifeste aucun symptôme spasmodique ou convulsif. Sa température toutefois, surveillée à intervalles réguliers, baisse d'une façon continue pendant la première demi-heure, descend à 37°,2 (ce qui est un effet de l'échidno-toxine du sérum) pour remonter progressivement à la normale dans les heures suivantes.

Le lendemain, l'animal ne présente aucun symptôme morbide, mais seulement une escharre cutanée à la région d'inoculation.

Si l'échidno-toxine est bien la substance du sérum qui empêche la convulsion salamandrique, on devra obtenir les mêmes effets en lui substituant une quantité équivalente de venin de vipère. Or c'est précisément ce que l'on observe : la dose de $0^{mg},75$ de venin (pesé sec) éteint, aussi bien chez la vipère que chez le cobaye, l'action tétanisante et mortelle de la salamandrine; mais chez le cobaye, il donne, comme le sérum, une hypothermie passagère, due à l'échidno-toxine, et une action locale due à la substance diastasique du venin, l'échidnase.

De même que pour le sérum si, avant de la mélanger à la salamandrine, on chauffe la solution de venin à 80° pendant 5 minutes, ce qui atténue fortement l'échidno-toxine, cette solution perd son pouvoir protecteur, pour la vipère et le cobaye, vis-à-vis de la salamandrine : les premiers symptômes tétaniques apparaissent au bout de 20 minutes chez la vipère et amènent la mort en 30 minutes, tandis que chez le cobaye, la crise convulsive se produit au bout de 7 minutes et le tue en moins de 20 minutes.

Pour que le sérum ou la solution de venin manifestent leur pouvoir anti-

convulsivant, il est nécessaire qu'ils soient mélangés à la salamandrine soit *in vitro* soit *in vivo*. C'est ainsi qu'une vipère ou un cobaye qui reçoivent le venin de vipère dans l'abdomen et aussitôt après la salamandrine sous la peau, ou inversement, ne sont nullement protégés, et il en est ainsi lorsqu'on met un intervalle, quel qu'il soit, entre les inoculations de doses mortelles.

D'après ces résultats, où deux substances, employées chacune à dose mortelle, ne perdent leur action toxique que si on les mélange, on pourrait penser à une action chimique les détruisant toutes deux, ou les immobilisant physiologiquement en composés insolubles ou moins diffusibles. Or, on ne peut déceler aucun précipité dans le mélange des solutions; de plus, il est aisé de vérifier que les substances mélangées conservent leur individualité dans le mélange non chauffé et ne s'y neutralisent pas réciproquement par action chimique. En ce qui concerne l'échidno-toxine, il suffit de se reporter aux expériences faites sur le cobaye pour constater que cette substance se manifeste par l'un de ses symptômes caractéristiques, l'*hypothermie,* et qu'on peut observer jusqu'à la paralysie progressive et mortelle rien qu'en élevant très légèrement la dose de venin. Quant à la salamandrine qui, isolée, résiste à l'ébullition, elle n'est, pas plus que l'échidno-toxine, détruite, ni fixée par aucune substance du sérum ou de venin, car il suffit de chauffer le mélange à la température d'atténuation de l'échidno-toxine pour démasquer dans ce mélange les propriétés caractéristiques de la salamandrine.

Si le sérum ou le venin, inoculés en une région différente de celle où est inoculée la salamandrine, ne manifestent aucun pouvoir anticonvulsivant, cela tient à des différences dans la vitesse d'absorption des substances actives et aussi à la réaction propre des différentes espèces animales à la salamandrine. En effet, lorsque les solutions venimeuses sont injectées séparément, la salamandrine, qui est un alcaloïde dont les sels sont cristallisables, est absorbée plus rapidement que les substances albuminoïdes actives du sérum et du venin; par le mélange, l'absorption est régularisée; les principes antagonistes parviennent en même temps aux cellules, ou du moins en temps utile pour éteindre réciproquement leur action. Mais encore faut-il que les réactifs physiologiques se comportent de la même manière, car chez la grenouille, où le symptôme initial dû à la salamandrine est, non plus la convulsion, mais la paralysie, le sérum et le venin, loin de se montrer protecteurs, aggravent les effets de l'intoxication : les *phases paralytiques* des deux poisons s'ajoutent et sont plus que suffisantes pour entraîner la mort. Il en est encore de même quand on inocule la dose mortelle de salamandrine dans la période avancée de l'envenimation vipérique chez la vipère

et le cobaye : la mort survient avec ou sans convulsion, suivant les doses respectives, en un espace de temps plus rapide qu'avec les mêmes doses de toxique injectées seules.

L'ensemble de tous ces faits nous amène aux conclusions suivantes :

1° Le sang et le venin des serpents mélangés à la salamandrine préviennent la convulsion due à cette substance, non seulement chez les serpents eux-mêmes, mais chez les animaux sensibles comme le cobaye;

2° C'est à l'antagonisme physiologique entre l'échidno-toxine, substance *paralysante* du venin et du sang de vipères et de couleuvres, et la salamandrine *convulsivante*, que les serpents doivent leur immunité, et non à une neutralisation chimique des poisons;

3° La salamandrine qui, sous beaucoup de rapports, se rapproche de la strychnine est, quant à son action sur le venin de vipère, tout à fait comparable à cette dernière qui a, comme on le sait, été préconisée à la dose médicamenteuse, et employée pour la première fois en 1888 par Mueller, en Australie, puis aux Indes anglaises, pour combattre les accidents paralytiques auxquels les morsures de serpents doivent une part si importante de leur gravité.

PHYSIOLOGIE. — *A propos d'une Note de M.* DEVAUX *intitulée « Relation entre le sommeil et les rétentions d'eau interstitielles »*. Note de M. **RAPHAËL DUBOIS**, présentée par M. Dastre.

Dans la séance du 24 mai 1909, M. le professeur Dastre a présenté à l'Académie une Note de M. Devaux intitulée : *Relation entre le sommeil et les rétentions d'eau interstitielles*. Dans cette Note il est dit :

Il semble donc exister une relation remarquable entre la fatigue, le besoin de sommeil et les rétentions d'eau interstitielles. Plus la fatigue ou le besoin de sommeil sont marqués, plus aussi l'avidité de la lymphe pour l'eau est grande. Et, en manière de conclusion, M. Devaux ajoute : L'augmentation de la lymphe qui se produit si fréquemment dans un grand nombre d'états pathologiques et physiologiques, dans l'ivresse, dans la fatigue, dans l'absorption digestive, se réalise aussi périodiquement dans les états de sommeil. Chaque jour, d'une manière régulière et constante, la puissance osmotique de cette lymphe s'élève en traduisant un drainage général du côté des espaces interstitiels. Cette marée lymphatique, qui devient d'autant plus haute que notre organisme a plus besoin de repos, semble être le phénomène essentiel et caractéristique qui préside à la grande fonction du sommeil.

Je trouve dans cette Note la confirmation de ce que j'ai annoncé il y a longtemps déjà ([1]), à savoir que, pendant le sommeil hibernal, la lymphe s'accumule dans le péritoine chez les marmottes et qu'elle ne retourne aux vaisseaux qu'au moment du réveil. Par de nombreuses expériences, j'ai montré que le sang de la marmotte endormie, ainsi que le foie, les muscles, le cerveau, renferment moins d'eau dans le sommeil qu'après le réveil et que ce résultat, ainsi que la diminution des leucocytes dans le sang pendant le sommeil, s'explique par l'accumulation de la lymphe dans le péritoine (et sans doute dans d'autres espaces lympathiques). En tous cas, j'ai beaucoup insisté sur la déshydratation du sang et des tissus les plus actifs physiologiquement dans le sommeil. Cette déshydratation accompagne l'accumulation de l'acide carbonique dans l'organisme et dans le sang, en particulier, qui a toujours été signalée par nous comme la cause primordiale de la fatigue et du sommeil aussi bien chez les Vertébrés (*loc. cit.*) que chez les Invertébrés ([2]).

Les résultats de mes recherches sur le sommeil des Invertébrés viennent de recevoir d'ailleurs une nouvelle confirmation expérimentale ([3]) qui prouve, une fois de plus, la généralité de la théorie du *mécanisme du sommeil par autonarcose carbonique*, dont je suis l'auteur.

Remarque. — M. Athanasiu a dit ([4]) que la torpeur des hibernants n'est pas du sommeil. Cette opinion est contraire à celle de la grande majorité des expérimentateurs, et à la mienne en particulier. Pendant plus de 7 années qu'ont duré mes expériences sur les marmottes et autres poïkilothermes, j'ai toujours vu les hivernants passer, d'une manière absolument insensible, du sommeil quotidien au sommeil hivernal, qui n'est, en réalité, qu'un état plus profond du premier.

([1]) Voir *Étude sur le mécanisme de la thermogenèse et du sommeil chez les Mammifères. Physiologie comparée de la marmotte, in Ann. de l'Université de Lyon*, 1896, p. 38.

([2]) M. Bellion, *Contribution à l'étude de l'hibernation chez les Invertébrés* (*Ann. de l'Université de Lyon*, 1909, et *Bull. de la Soc. de Biol.*, t. LXIV, 1909, p. 917 et 964).

([3]) *Sur le sommeil hibernal chez les Invertébrés* (*Ann. de la Société linnéenne de Lyon*, 1896).

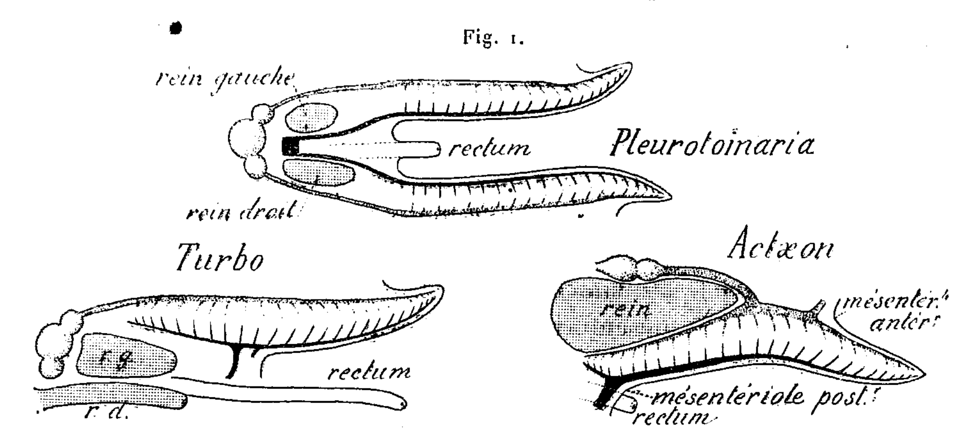
([4]) Ch. Richet, *Dict. de Physiol.*, t. VIII, fasc. II.

ZOOLOGIE. — *Sur les affinités zoologiques des Bulléens, d'après les organes centraux de la respiration et de la circulation.* Note de MM. **Rémy Perrier** et **Henri Fischer**, présentée par M. Edmond Perrier.

I. Il est assez généralement admis : 1° que l'Actéon est la forme la plus primitive du groupe des Tectibranches; 2° que ce type se rattache aux formes archaïques des Prosobranches. Nos recherches confirment ces vues, et en particulier l'étude des connexions du cœur et de la branchie permet de les préciser mieux qu'on ne l'a fait jusqu'ici. C'est tout à fait à la base du phylum des Prosobranches qu'a pris naissance la série des Tectibranches. La branchie, constituée par une lame unique fortement ondulée, est beaucoup plus simple que chez aucun Diotocarde, et n'a que l'apparence d'une branchie bipectinée; d'autre part, le péricarde a une capacité démesurée par rapport au cœur, et représente encore une partie très appréciable du cœlome primitif : ce sont là des caractères très archaïques qui se sont conservés chez tous les Bulléens.

C'est bien au delà des Trochidés qu'il faut remonter pour trouver le point de dérivation de ce groupe, et, malgré l'existence de leurs deux branchies, les Pleurotomaires sont, au point de vue des connexions du cœur et de la branchie, plus voisins d'*Actæon* que les *Turbo* par exemple. On retrouve, chez les Actéons, les dispositions générales de la circulation branchiale des Pleurotomaires : sinus afférent partant du sinus périrectal, sinus efférent

Fig. 1.



arrivant à l'oreillette, entre les deux, le rein (*fig.* 1). Chez le Pleurotomaire, les feuillets branchiaux ne commencent qu'assez loin en avant, laissant les

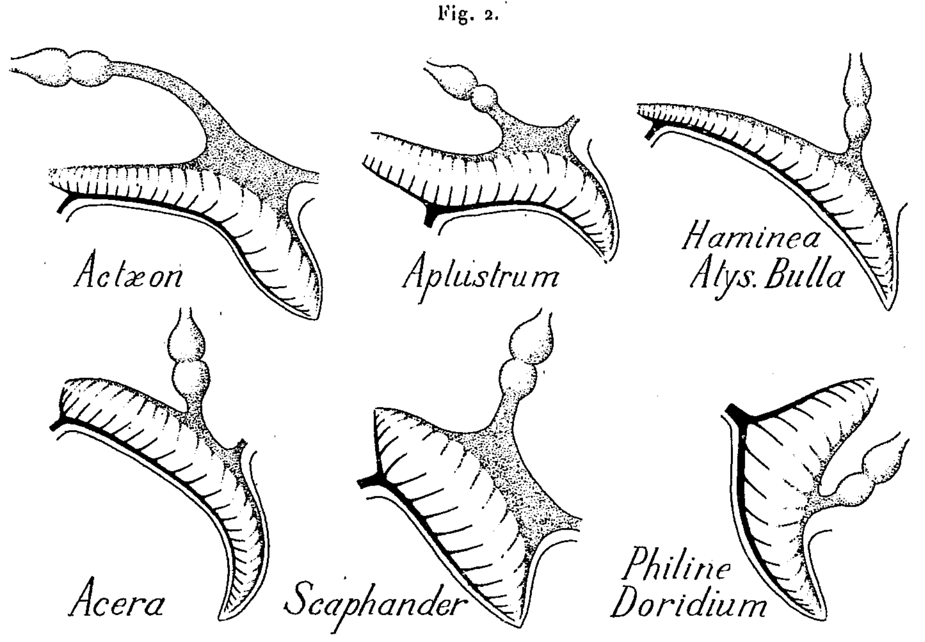
sinus libres sur une assez grande longueur. Chez les Actéons et chez les *Turbo*, les feuillets remontent au contraire bien plus en arrière; mais la région où ces feuillets nouveaux se sont développés est fondamentalement différente dans les deux types : chez *Actæon*, ils se forment le long du sinus afférent; chez *Turbo*, au contraire, le long du sinus efférent, si bien que la branchie est à droite du rein chez *Actæon*, à gauche chez *Turbo*, dispositions qui ne peuvent passer de l'une à l'autre, mais qui se déduisent toutes les deux de celle que montre le Pleurotomaire.

II. Chez *Actæon*, le sinus efférent est libre de feuillets sur une grande longueur, et vient se raccorder à la branchie vers le milieu de celle-ci; le cœur se trouve ainsi placé très en arrière, disposition primitive qui est d'ailleurs celle des Pleurotomaires. C'est cette position reculée du cœur qui lui a fait conserver l'orientation prosotocarde signalée par les auteurs; en fait, chez *Actæon*, comme chez les autres Tectibranches, la fente palléale et la branchie, au moins dans sa pointe libre, ont déjà, contrairement aux dessins donnés jusqu'ici, effectué leur rétrogradation sur le côté droit. Le cœur, trop éloigné, n'a pas été entraîné dans le mouvement; mais le sinus efférent doit, pour l'atteindre, présenter une forte courbure. *Actæon* n'est donc Prosobranche qu'en apparence. D'ailleurs les variations qu'on a signalées dans l'orientation de la branchie des divers Tectibranches ont été très exagérées, et l'on n'observe à ce point de vue, au moins en ce qui concerne la direction de la pointe libre, que des différences à peine sensibles. Par contre, la série des Tectibranches montre une tendance manifeste au raccourcissement du sinus efférent; par là, le cœur se rapproche de la branchie et finit par lui devenir tangent au milieu de son bord antérieur; c'est alors que l'animal devient nettement opisthotocarde.

III. Nous avons constaté que la branchie prend toujours naissance par un petit mésentériole qui recouvre le rectum et que nous assimilons au repli lamelleux des Pleurotomaires et des Trochidés. Chez les formes primitives (*Actæon*, *Aplustrum*), les lamelles postérieures branchiales se prolongent très peu au delà de ce mésentériole, vers l'origine du cæcum palléal; elles sont simples, sans plis secondaires, et forment une étroite zone non libre, irriguée par une petite branche récurrente du sinus afférent; la même disposition persiste chez *Atys*, *Bulla*, *Haminea* (*fig*. 2). Au contraire, dans une autre section de Bulléens, cette partie postérieure s'accroît notablement; ses feuillets se développent, simulant une pointe libre, qui, occupant la

place laissée vide par la migration du cœur, tend à se reporter en avant et perd toute liaison avec le cæcum palléal. Cette disposition, à peine indiquée chez *Acera*, s'accentue chez *Scaphander*, et est à son maximum chez *Philine* et *Doridium*.

Fig. 2.



Comme il fallait s'y attendre, en raison de sa parenté avec *Acera*, c'est ce dernier type qu'on retrouve chez les Aplysies. La pointe postérieure de la branchie y est fort développée, mais elle est dirigée en arrière, au lieu de s'incurver en avant, comme chez *Philine* et *Doridium*.

ZOOLOGIE. — *Sur la métamorphose des muscles splanchniques chez les Muscides.* Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La métamorphose des muscles splanchniques des Muscides présente, dans le détail des aspects cytologiques, quelques particularités principalement en rapport avec ce fait que la striation transversale des éléments contractiles, moins nettement accusée que dans les muscles tégumentaires, est aussi plus fragile et s'oblitère plus facilement au cours de la nymphose. Mais les processus généraux sont de même ordre, consistant en destruc-

tions, édifications nouvelles et remaniements. J'en donnerai ici comme exemple les muscles du revêtement de l'intestin.

Muscles du tube digestif. — Les muscles les plus spéciaux à la larve, tels que ceux du jabot, ou encore le sphincter rectal, disparaissent totalement par phagocytose leucocytaire. Les muscles les plus spéciaux à l'imago, tels que ceux du jabot imaginal, de la valvule œsophagienne et du rectum, s'organisent à nouveau, pendant la nymphose, aux dépens de myoblastes embryonnaires, dont la multiplication a lieu par divisions indirectes, et qui présentent ensuite, au moment de leur différenciation musculaire, un morcellement nucléaire du type direct et multiple. Au contraire, les muscles annulaires ou longitudinaux, qui constituent autour de l'intestin une sorte de clissage, subissent en passant de la larve à l'imago un remaniement tout particulier.

Ainsi, en ce qui concerne l'intestin moyen, dès le début de la nymphose, le réseau anastomotique des fibres annulaires croisées extérieurement par les fibres longitudinales, se resserre par réduction progressive de ses mailles en un manchon presque compact. Cette contraction de la musculature contribue au plissement et au rejet de l'épithélium larvaire; d'autre part, c'est elle qui assure en quelque sorte la permanence anatomique de l'organe en transformation; c'est le manchon musculaire contracté qui sert de support aux nids de régénération épithéliale et dirige leur épanouissement, jusqu'à ce qu'ils aient reconstitué un revêtement continu. Mais presque en même temps, la musculature est envahie par de nombreux leucocytes, disloquée; l'épithélium imaginal est à peine organisé que la musculature apparaît, remplacée par un amas compact de sphères de granules. On pourrait croire, à première vue, qu'il s'agit d'une phagocytose totale, et telle fut l'interprétation de Kowalevsky. Plus tard une musculature nouvelle se reconstitue autour de l'intestin imaginal.

Van Rees a cru pouvoir rapporter l'origine de cette musculature à quelques cellules accolées extérieurement aux îlots imaginaux et ne différant guère des cellules épithéliales. Cette opinion me paraît erronée. Les nids de régénération sont exclusivement épithéliaux; je n'ai pu y trouver l'origine d'aucun élément contractile; et je n'ai pas davantage rencontré de myoblastes imaginaux, restés à l'état embryonnaire au milieu de la musculature larvaire, et évoluant au moment de la nymphose vers la musculature imaginale. C'est dans la musculature larvaire elle-même qu'il faut rechercher l'origine de la musculature imaginale, et le processus de transformation est particulièrement remarquable.

Au moment où, dès le début de la nymphose, la striation transversale commence à devenir moins distincte et à faire place à un aspect à peu près homogène de la musculature larvaire, on remarque, autour des noyaux musculaires, une plage de cytoplasme particulièrement chromatique qui tranche sur le fond éosinophile de l'ancien myoplasme et fait parfois saillie comme une grosse goutte à la surface de la fibre contractée. Seule la partie éosinophile disparaît, phagocytée par les leucocytes, et donne lieu aux inclusions des sphères de granules. Au contraire, les noyaux musculaires persistent, entourés de leur cytoplasme chromatique, et échappent à la destruction : contraste des plus nets avec la précoce dégénérescence pycnotique qui frappe les noyaux des muscles tégumentaires dès le début de l'envahissement par les phagocytes. Ici, il s'individualise au contraire des *cellules musculaires* aux dépens des anciens noyaux et de ce protoplasme que sa plus grande chromaticité permet de qualifier de *rajeuni*. Ces cellules musculaires sont extrêmement plastiques et elles se moulent dans les interstices des phagocytes, bourrés de sarcolytes, qui forment une agglomération compacte autour du manchon épithélial renouvelé.

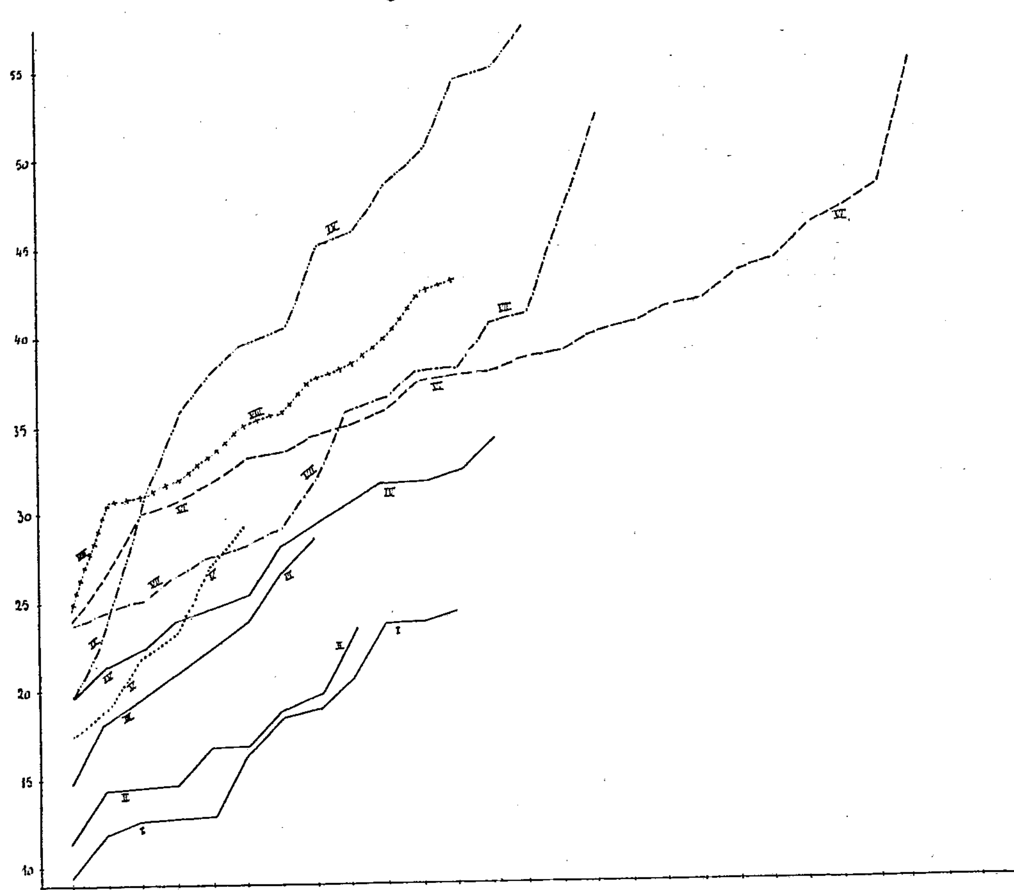
Plus tard, lorsque les sphères de granules se dispersent, les cellules musculaires s'appliquent à la surface externe du nouvel épithélium; elles y constituent des éléments fusiformes, allongés soit dans le sens transversal, soit dans le sens longitudinal, annonçant déjà la direction des fibres futures. Je considère comme très vraisemblable que l'allongement de ces fuseaux correspond aussi à la direction primitive des éléments contractiles disparus et que, par conséquent, les noyaux des muscles larvaires annulaires et longitudinaux redonnent respectivement des muscles imaginaux de même direction. La différenciation ultérieure de ces cellules musculaires est accompagnée de divisions directes des noyaux, bourgeonnements ou divisions multiples simultanées, conduisant d'emblée aux petits noyaux du type imaginal. Certains noyaux dégénèrent totalement.

Ainsi, dans cette rénovation musculaire, on assiste à une disjonction entre la partie myoplasmique, la plus différenciée dans la larve, qui seule disparaît par phagocytose, et la partie sarcoplasmique nucléée qui persiste, capable de régénérer des éléments contractiles. C'est une sorte de mérotomie physiologique spontanée.

On doit naturellement rapprocher des faits précédents ceux qu'on observe dans les atrophies musculaires pathologiques. Là aussi on constate dans le sarcoplasme nucléé l'aptitude à se libérer du myoplasme et à proliférer, en résorbant la substance contractile. Mais il s'agit là, semble-t-il, d'une disparition intégrale et définitive du muscle, remplacé par du tissu conjonctif. Au contraire, dans le cas actuel, ce sont les leucocytes immigrés qui disloquent, englobent et digèrent la substance contractile; et la disparition n'est que momentanée, suivie d'une reconstruction, pour ainsi dire sur le même plan, par les mêmes éléments rajeunis.

BIOMÉTRIE ZOOLOGIQUE. — *Le rapport du poids du foie au poids du corps chez les Oiseaux.* Note de M. **J. de La Riboisière**, présentée par M. Dastre.

Les données utilisées dans ce travail sont des pesées de foie effectuées sur 260 individus appartenant à 150 espèces d'Oiseaux dont il est impossible de donner ici la liste. Nous allons parler dans cette Note du poids relatif, c'est-à-dire du poids de foie par kilogramme de poids total. L'étude de ces quantités de foie nous a permis de reconnaître entre les Oiseaux des différences dues aux divers régimes alimentaires naturels. Les observations



dont nous donnons ici le résumé ont porté sur des animaux répartis en 12 régimes différents. Pour ne pas surcharger le graphique ci-dessus, nous avons laissé de côté trois sortes d'omnivores : Rapaces nocturnes, Canards

et Corbeaux, d'autant moins intéressants qu'ils sont moins spécialisés. Nous avons conservé les suivants :

1° Rapaces diurnes, mangeurs de viande (12 espèces, 16 individus); 2° grands Échassiers, mangeurs de viande et de Poissons (9 espèces, 9 individus); 3° Granivores (8 espèces, 21 individus); 4° Oiseaux insectivores et granivores (13 espèces, 23 individus); 5° Perroquets, mangeurs de fruits (6 espèces, 6 individus); 6° Insectivores (25 espèces, 70 individus); 7° petits Échassiers, mangeurs de Mollusques (16 espèces, 16 individus); 8° Insectivores exotiques (13 espèces, 32 individus); 9° Palmipèdes piscivores (14 espèces, 21 individus).

Pour permettre une comparaison rapide, nous avons construit un graphique de la façon suivante. Prenons les Oiseaux d'un même régime, par exemple les Rapaces diurnes, et rangeons-les dans un ordre tel que les quantités de foie y aillent en croissant. Sur un axe horizontal, marquons autant de points équidistants que nous avons d'espèces; à chacun de ces points élevons une ordonnée sur laquelle nous portons une longueur proportionnelle à la quantité de foie dans l'espèce que ce point représente. Joignons ensemble les nouveaux points déterminés comme nous venons de le dire sur les ordonnées. Nous obtenons un tracé ascendant dont la hauteur au-dessus de l'axe horizontal représente ce qu'on peut appeler l'*état hépatique* dans le groupe considéré. Recommençons avec les autres groupes et reportons sur un même papier les différents tracés obtenus. Ils se superposent de la façon que notre croquis répète. Les chiffres romains indiquent les groupes d'Oiseaux, conformément à la liste ci-dessus, auxquels chaque tracé se réfère.

De ce Tableau se dégagent les principaux faits suivants :

La proportion de foie par kilogramme varie avec la nature du régime. Ce sont les Oiseaux carnivores qui ont le moins de foie et les Oiseaux à régime insectivore et piscivore qui en ont le plus.

Les Oiseaux granivores ont plus de foie par kilogramme que les Oiseaux carnivores. Cela est en contradiction avec les idées admises à l'heure actuelle et fondées sur l'examen de sujets peu nombreux. Il est aisé de voir en effet que, si nous prenions le dernier de nos carnivores et le premier de nos granivores, la loi paraîtrait être le contraire de ce que nous disons. Mais notre conclusion repose sur un ensemble considérable de faits groupés sans déformations. Toute autre figuration graphique, celle de Lapicque par exemple, donne les mêmes résultats. Cela ne veut pas dire, au surplus, que l'alimentation par les graines est plus toxique que l'alimentation carnivore. Nous avons, en effet, montré et contrôlé bien des fois depuis que la quantité de

plumes supplée, à l'occasion, la quantité de foie ([1]). Or, les Oiseaux carnivores ont beaucoup plus de plumes, organes d'excrétion, que les granivores (en moyenne 105^g,50 contre 71^g,60 par kilogramme).

Les grands Échassiers ont plus de foie que les carnivores parce qu'ils ajoutent à leur régime carnivore des Poissons.

De même, les granivores insectivores se placent entre les insectivores purs et les granivores purs et font transition.

Enfin, il est intéressant de comparer deux sortes de végétariens, les granivores et les Perroquets mangeurs de fruits. Ceux-ci ont nettement plus de foie que les premiers.

Ces résultats seront d'ailleurs développés dans un travail plus étendu qui paraîtra prochainement.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine glaciaire du Loch Lomond et du Loch Tay, en Écosse.* Note ([2]) de M. **Gabriel Eisenmenger**, présentée par M. Michel Lévy.

Les *lochs* ou lacs d'Écosse ont été considérés comme des lacs tectoniques bien différents des *tarns* ou petits lacs glaciaires, sans profondeur, où les eaux sont retenues par une digue morainique. Les lochs d'Écosse devraient donc leur existence à la dislocation du massif ancien qui forme les Highlands, et leur aspect actuel aux érosions ultérieures, ainsi que l'a établi Mill pour les cuvettes lacustres du district des Lacs, en Angleterre ([3]).

Après avoir reconnu, pour les grands lacs des Alpes, que les théories tectoniques devaient être rejetées et que le passage des glaciers de la période glaciaire suffisait à expliquer non seulement les caractères, mais encore l'existence des grandes cuvettes lacustres ([4]), j'ai cherché si l'examen des *lochs* d'Écosse ne conduirait pas à la même conclusion.

Je me suis d'abord occupé de la partie méridionale des Highlands, et, dans cette Note, j'indiquerai le résultat de mes observations relatives au Loch Lomond, au Loch Tay et à la longue dépression (Glen Falloch et Glen Dochart) qui les unit.

Le *Loch Lomond*, qui n'a pas moins de 34^{km} de longueur, présente les traces les plus manifestes d'un intense surcreusement glaciaire.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 9 juin 1908.

([2]) Présentée dans la séance du 21 juin 1909.

([3]) *Geographical Journal*, 1895.

([4]) *Évolution du Rhin et du système hydrographique rhénan.* Paris, 1907.

1° Le profil transversal est en U; aux versants escarpés succèdent, dans le haut, les pentes plus douces d'un modèle plus ancien.

2° Les vallées affluentes sont discordantes avec la vallée principale, c'est-à-dire aboutissent à une altitude supérieure à celle de la surface lacustre. Ainsi les torrents qui descendent des monts environnants (Ben Lomond, Ben Voirlich, Ben Vane, Ben Reoch, etc.) arrivent au lac par une forte pente. L'expression la plus nette est fournie par la vallée d'Inversnaid, qui est une véritable vallée suspendue. A partir d'Inversnaid Cottage le torrent qu'est l'Arklet Water, et qui roule sur des matériaux glaciaires, accentue sa pente et se précipite dans le lac par une cascade.

Le *Glen Falloch* et le *Glen Dochart* sont également des vallées surcreusées : on y retrouve les torrents latéraux suspendus. Sur les versants du *Loch Tay* j'ai pu distinguer trois niveaux, à 150^m, 45^m, 30^m au-dessus du lac. Les torrents les plus faibles, et dont la vallée n'a pu être parcourue que par un glacier très réduit, débouchent au niveau supérieur. On peut en déduire que, par suite du surcreusement glaciaire, le niveau des eaux lacustres a baissé d'environ 150^m depuis le commencement de la période glaciaire.

Dans cette érosion intense, les eaux de fonte et les torrents sous-glaciaires ont pris une part importante. Les îles qui émergent dans le bassin méridional du Loch Lomond sont des témoins de l'ancien territoire qui séparait primitivement l'Endrick Water de la rivière de Balloch, et qui a été profondément découpé par les torrents s'échappant du glacier du Lomond.

L'hydrographie primitive a été profondément modifiée pendant la période glaciaire. Ainsi les eaux du Fillon Water, qui s'écoulaient dans le Glen Falloch vers le Loch Lomond, se dirigent aujourd'hui vers le Loch Tay et constituent les eaux de tête de la rivière du même nom. Le seul qui sépare le Glen Falloch du Glen Dochart a été usé par la glace, et sur le *till* qui le recouvre s'étalent, retenus par des moraines, les petits lacs Dochart et Tubhair.

Ainsi la glaciation du début du quaternaire a produit en Écosse les mêmes phénomènes que dans les Alpes : creusement et élargissement des vallées existantes, formation de cuvettes lacustres, rapports nouveaux entre les bassins hydrographiques. Les phénomènes glaciaires ont été facilités par l'état de dislocation du massif des Highlands; mais les résultats sont plus généralisés et moins grandioses que dans les Alpes, parce que les Highlands avaient déjà subi, avant l'arrivée des grands glaciers, une érosion intense, pendant les périodes primaire, secondaire et tertiaire, et avaient déjà été réduits à l'état de pénéplaine. C'est dans cette pénéplaine que les glaciers ont creusé les glens et les cuvettes lacustres et rajeuni une topographie déjà presque effacée.

HYDROLOGIE. — *Sur les lapiaz des Bracas (Basses-Pyrénées) et d'El-Torcal (Andalousie).* Note de M. **E.-A. Martel.**

Dans une Note du 15 décembre 1902 j'ai attiré l'attention sur la prépondérance de l'érosion mécanique de l'eau courante dans la formation des lapiaz, prépondérance révélée notamment par l'existence de puits naturels, ou gouffres d'absorption dans tous les lapiaz connus.

Cette notion nouvelle ayant été contestée par les partisans trop exclusifs de l'action chimique ou corrosion, il n'est pas inutile de citer les deux nouveaux exemples suivants :

En août 1908, au cours de ma mission du Ministère de l'Agriculture pour l'étude hydrologique des Pyrénées souterraines, j'ai découvert (avec MM. E. Fournier, L. Rudoux, L. Jammes, R. Jeannel, Bourgende, etc.) sur les pentes nord-ouest du pic d'Arlas (2062^m) (Basses-Pyrénées), un grand lapiaz dont je n'ai trouvé mention nulle part. Les pâtres basques le nomment *Les Bracas*. Comme dans les accidents analogues des Alpes, sa surface est fortement inclinée, de 1800^m à 1500^m d'altitude. Le calcaire à silex du Crétacé supérieur qui le constitue est haché de longues crevasses profondes se recoupant selon deux plans différents; beaucoup ont été arrondies en véritables gouffres atteignant jusqu'à 85^m de profondeur et dont le fond est bouché par la neige.

L'ensemble de ce très pittoresque phénomène a été et reste encore, comme tous les lapiaz, une zone caractéristique d'absorption des eaux; sa conque, toujours visible, d'ancien thalweg aboutit à la tête du ravin aujourd'hui desséché de Lèche. On ne saurait trouver de meilleur type de l'enfouissement progressif des eaux dans les fissures du sol. L'évolution desséchante nous offre là un de ses exemples les plus convaincants.

D'ailleurs toute la crête de la frontière franco-espagnole du Pic d'Anie au Pic d'Orhy n'est qu'un crible, où toutes les pluies actuelles disparaissent immédiatement.

Nous y avons exploré 25 gouffres dont on ignorait l'existence. Les pratiques du déboisement y exercent sans fin leurs désastreux méfaits.

L'autre exemple est à l'extrémité méridionale de la péninsule ibérique; dans la Sierra de Abdalajis, entre Malaga et Antequera, Elisée Reclus citait dès 1876 la *Ville de rochers* d'El-Torcal. Il existe là, en effet, dans le calcaire jurassique, une sorte de *bois de Paiolive* (entre 1050^m et 1350^m d'altitude) qui n'est autre chose qu'un vrai lapiaz, érodé surtout par les eaux courantes. Le 19 décembre 1906, j'y ai constaté la présence, comme dans les phénomènes

semblables des Alpes, des Pyrénées et du Caucase, de véritables gouffres où ont disparu les torrents d'autrefois; l'un d'eux a au moins 100^m de profondeur; 700^m ou 800^m plus bas, des sources jaillissent dans les plaines, ramenant au jour les pluies absorbées par le lapiaz.

Il est donc de plus en plus avéré que l'origine torrentielle mécanique des lapiaz et leurs relations avec les abîmes absorbant du calcaire sont de véritables règles.

Quant à l'âge de ces manifestations il pourrait bien remonter au Miocène, à une époque d'émersion, antérieure même à l'ouverture du détroit de Gibraltar que M. L. Gentil vient de fixer au début du Pliocène (*Comptes rendus,* 3 mai 1909).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le tremblement de terre du golfe de Corinthe du* 30 *mai* 1909. Note de **M. D. Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

Les sismographes d'Athènes, d'Égion et de Zante ont nettement enregistré le tremblement de terre qui, le 30 mai, a fortement secoué le golfe de Corinthe et fut plus ou moins sensible sur presque toute la Grèce.

A Athènes une seule phase préliminaire, avec périodes et amplitudes excessivement courtes, se dessine sur le sismogramme; elle débute à $7^h50^m1^s$ (t. m. c. d'Athènes) et dure 20 secondes; à $7^h50^m21^s$ commence la phase principale, qui a duré jusqu'à $7^h55^m31^s$; elle se compose de plusieurs groupements, de périodes et d'amplitudes différentes; l'amplitude maxima de ces oscillations, qui a eu lieu à $7^h50^m46^s$, a atteint 65^{mm}. La phase finale, présentant deux subdivisions, paraît cesser à $7^h58^m4^s$.

Les oscillations ont débuté, pour les deux composantes (NW-SE et NE-SW), vers l'Ouest; par conséquent, le diagramme montre nettement que le foyer sismique se trouve dans cette même direction. Quant à la distance épicentrale, la formule d'Omori, en fonction de la durée de la phase préliminaire (20^s), nous donne 145^{km}.

Ces résultats, relatifs à la situation de l'épicentre, sont bien confirmés par les nombreuses observations macrosismiques, faites par nos observateurs, dispersés sur tous les points de la Grèce. Au moyen de ces observations, nous avons pu tracer quatre isosistes elliptiques, qui font voir que le foyer de ce sisme se trouve, en effet, au nord-ouest d'Égion, près des côtes de la Doride, soit à une distance de 150^{km} d'Athènes. La première de ces courbes, qui correspond au degré 8 de l'échelle Forel, a un grand axe (NE-SW) d'une longueur de 20^{km}; la quatrième (3-4) renferme presque toute la Grèce.

A Égion, pour les deux composantes, les oscillations ont commencé simultanément et très brusquement, à $7^h49^m33^s$ (t. m. c. d'Athènes); on ne distingue pas sur le sismogramme les différentes espèces d'ondes; on y voit clairement qu'il s'agit d'un sisme *local* ou du moins *très rapproché*.

Si l'on tient compte de ce fait, on trouve, au moyen de l'heure du début de ce diagramme, pour la vitesse des ondes préliminaires jusqu'à Athènes, environ 5^{km} et, pour celle des ondes longues, 3^{km}.

M. **Marc Frenkel** adresse une Note sur la *Rééducation de l'intestin.*

(Renvoi à l'examen de M. Bouchard.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

FONDS BONAPARTE.

Rapport de la Commission chargée de proposer, pour l'année 1909, *la répartition des subventions du fonds Bonaparte.*

(Cette Commission, qui comprend le prince Roland Bonaparte comme membre de droit, se compose cette année de MM. Bouchard, président de l'Académie, Cailletet, Bouquet de la Grye, Darboux, Deslandres, Haller, Delage; Ph. van Tieghem, rapporteur.)

La Commission nommée par l'Académie pour lui faire des propositions de subventions, à attribuer sur le fonds Bonaparte pour 1909, a eu à examiner trente-cinq demandes, relatives aux sujets et aux projets les plus divers. Se conformant aux vues générales adoptées par la Commission de 1908, la première qui ait eu à faire ce travail, vues si nettement formulées dans le Rapport de M. Darboux, et approuvées par l'Académie [1], elle n'a pu en retenir que neuf. Elle vous propose de répartir comme il suit, entre ces neuf subventions, l'annuité disponible de 25000^{fr}.

1° 4000^{fr} à M. **Cayeux**, professeur de Géologie à l'École des Mines, pour lui permettre de se rendre aux États-Unis et d'y poursuivre, sur les gisements les plus anciens de minerais de fer oolithiques, les recherches qu'il a déjà exécutées en France sur des gisements moins anciens et qui lui ont donné, comme on sait, des résultats inattendus. Ces minerais sont, en effet, très fossilifères; ce sont de véritables nids de petits organismes, parfaitement conservés. En Amérique, dans l'Huronien de la région des grands lacs

(1) Voir les *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 1431 (séance du 29 juin 1908).

et plus encore aux États-Unis, on les rencontre dans des formations très anciennes, qui jusqu'à présent n'ont jamais fourni de fossiles. A leur aide, il deviendra donc possible de reculer dans le temps les traces de la vie, bien au delà des limites que les plus récentes découvertes lui assignent aujourd'hui. C'est cet espoir qui donne un grand intérêt aux nouvelles recherches, que M. Cayeux se dispose à entreprendre immédiatement.

2° 4000fr à M. **Chevalier**, docteur ès sciences, lauréat de l'Institut, attaché au Muséum d'Histoire naturelle, explorateur infatigable de l'Afrique tropicale, pour lui permettre d'accroître les moyens d'action de sa mission en augmentant son personnel indigène. On sait que M. Chevalier poursuit méthodiquement depuis 10 ans l'étude de la végétation de nos colonies de l'Afrique tropicale, en étendant ses recherches à la géographie, à l'ethnographie et à la préhistoire. Son voyage actuel est spécialement consacré à l'exploration de la zone intermédiaire entre la forêt vierge tropicale et la région des savanes. Commencé en novembre 1908, continué en février 1909 par l'exploration de la région des sources du Niger, il doit se poursuivre encore pendant 15 mois à travers la Côte d'Ivoire, le Soudan et le Dahomey. Grâce à la subvention de l'Académie, il pourra devenir, pour la Science, encore plus fructueux que les précédents.

3° 4000fr à M. **Pérez**, professeur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Bordeaux, pour lui permettre de publier un important et volumineux Mémoire, accompagné de nombreuses planches en couleurs, intitulé : *Recherches histologiques sur les métamorphoses des Muscides*. Fruit de six années d'un travail assidu, ce Mémoire est très apprécié des zoologistes, qui en estiment la publication un véritable service à rendre à la Science.

4° 3000fr à M. **Houard**, docteur ès sciences, préparateur de Botanique à l'Université de Paris, pour lui permettre de se rendre en Corse, dans l'est de l'Algérie et en Tunisie, afin de recueillir les matériaux d'études nécessaires à ses recherches anatomiques et physiologiques sur les cécidies. Depuis plus de dix ans, M. Houard poursuit, en effet, des recherches relatives aux rapports des plantes et des animaux et plus particulièrement aux galles, nommées aujourd'hui *cécidies*. Il a publié sur les cécidies plusieurs Ouvrages importants et, tout récemment, un Catalogue de toutes les cécidies connues, œuvre considérable en deux gros volumes, que notre confrère, M. Bouvier, a présenté avec éloges à l'Académie et qui rendra de grands services, à la fois aux botanistes et aux zoologistes. La subvention de l'Académie lui permettra de poursuivre ses recherches dans cette direction,

de les étendre à la Corse, à l'Algérie et à la Tunisie, et de dresser enfin l'inventaire complet des Insectes cécidogènes de ces trois régions et des cécidies qu'ils engendrent.

5° 2000fr à M. **Berget**, docteur ès sciences, lauréat de l'Institut, chargé des Conférences de Physique terrestre à l'Université de Paris, pour lui permettre de construire un appareil propre à étudier la distribution de l'intensité de la pesanteur, savoir un pendule de longueur constante, oscillant dans le vide à température invariable et à amplitude constante, ce qui supprime toutes les corrections.

6° 2000fr à M. **Bernard**, ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon, pour lui permettre de poursuivre l'étude photométrique des variations du rayonnement solaire et de la lumière du ciel aux environs immédiats du Soleil, étude commencée à Meudon dès 1904 et continuée à Burgos en 1905 pendant l'éclipse totale du Soleil. Ces recherches exigent l'emploi de piles thermo-électriques spéciales, des galvanomètres correspondants et d'une lunette astronomique particulière, devant porter l'ensemble des instruments. La subvention accordée pourvoira aux frais d'acquisition de ces appareils.

7° 2000fr à M. **Blaringhem**, docteur ès sciences, chargé d'un cours de Biologie agricole à l'Université de Paris, pour lui permettre de continuer ses recherches expérimentales sur la variation des espèces. La subvention de 2000fr qui lui a été allouée l'année dernière a été employée à la location, au défrichement et à l'entretien de parcelles de terrain situées à Meudon et à Bourg-la-Reine, à l'achat du matériel nécessaire et à la rétribution des personnes chargées de surveiller les cultures. L'allocation actuelle servira à poursuivre ces expériences, qui sont de longue durée et qui ont déjà donné d'importants résultats.

8° 2000fr à M. **Estanave**, docteur ès sciences, secrétaire de la Société mathématique de France, pour lui permettre de continuer ses recherches sur la projection stéréoscopique à vision directe, sur la stéréoradiographie et sur l'autostéréoscopie. La subvention de 2000fr que l'Académie lui a accordée pour 1908 a servi notamment à obtenir la projection stéréoscopique sur un écran à réseau de format 50×60, la stéréographie sur un réseau de format 13×18 et cette nouvelle plaque photographique, qu'il nomme *l'autostéréoscopique*, qui donne par transparence, en vision directe, la sensation du relief. L'allocation actuelle permettra d'obtenir la projection

stéréoscopique sur un écran de 1^{m^2}, la stéréoradiographie sur un écran de format 24×30 et l'autostéréoscopie sur papier, c'est-à-dire l'illustration du livre par des figures vues binoculairement en relief : trois perfectionnements de grande importance.

9° 2000^fr à M. **Mathias**, professeur de Physique à l'Université de Toulouse, pour lui permettre de poursuivre, au laboratoire cryogène de Leyde et en collaboration avec son éminent directeur M. Kammerlingh Onnes, des recherches sur le diamètre rectiligne des liquides et sur la loi des états correspondants aux très basses températures. Il y a lieu en effet, actuellement, de faire une exploration systématique de la loi du diamètre rectiligne, en particulier sur les corps tels que l'oxygène, l'azote, l'hydrogène et l'hélium, qui n'existent à l'état liquide qu'au voisinage du zéro absolu. Aussi, déjà de plusieurs côtés, entre-t-on dans cette voie. Très intéressé par les recherches antérieures de M. Mathias sur ce sujet, M. Kammerlingh Onnes lui a proposé de venir collaborer avec lui, dans son laboratoire de Leyde, à l'exécution de ce travail. La subvention de l'Académie permettra à notre compatriote d'accepter cette très flatteuse proposition.

La liste suivante résume ces neuf subventions :

		fr
1.	MM. Cayeux	4000
2.	Chevalier	4000
3.	Perez	4000
4.	Houard	3000
5.	Berget	2000
6.	Bernard	2000
7.	Blaringhem	2000
8.	Estanave	2000
9.	Mathias	2000
	Total	25000

montant de l'annuité mise à la disposition de l'Académie, pour 1909, par la généreuse initiative de notre Confrère.

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées par l'Académie.

La séance est levée à 5 heures un quart.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 7 juin 1909.

Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences de l'Institut de France et imprimés par son ordre; t. XXXIV, 2e série. Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 vol. in-4°.

Mémoire sur la théorie des transformations des surfaces applicables sur les quadriques générales, par M. Luigi Bianchi. (Extr. des *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences:* t. XXXIV.) Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 vol. in-4°.

Mémoire sur la déformation des quadriques; par C. Guichard. (Extr. des *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences;* t. XXXIV.) Paris, Imprimerie nationale, 1909; 1 vol. in-4°.

Kritischer Katalog der Leibniz-Handschriften, zur Vorbereitung der Interakademischen Leibniz-Ausgabe unternommen, von der Academie des Sciences zu Paris, der Academie des Sciences morales et politiques zu Paris, der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Als Manuscript vervielfältigt; erster Heft; 1646-1672. Berlin, 1908; 1 vol. autographié in-4°. (Un des douze exemplaires reçus par la Bibliothèque de l'Institut.)

Catalogue de l'Observatoire de Bordeaux. Réobservations des étoiles comprises dans les zones d'Argelander entre 15° *et* 20° *de déclinaison.* Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Baillaud.)

Caisse des Recherches scientifiques; année 1908. *Rapport annuel adressé au Président de la République française,* par M. Paul Dislère, publié par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Melun, Imprimerie administrative, 1909; 1 vol. (Présenté par M. Chauveau.)

Premier Congrès international du Froid, tenu à Paris du 5 *au* 10 *octobre* 1908. Tome I : *Comptes rendus du Congrès et des Assemblées de l'Association internationale du Froid,* publiés sous la direction de J. de Loverdo. Tome II : *Rapports et Communications des Sections I, II et III,* publiés sous la direction de J. de Loverdo. Tome III : *Rapports et Communications des Sections IV, V et VI,* publiés sous la direction de J. de Loverdo. *Résumé en français des Rapports et Communications déposés au Secrétariat du Congrès avant le* 28 *août* 1908. Paris; 4 vol. in-8°. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Revue générale de Botanique, dirigée par M. Gaston Bonnier, Membre de l'Institut; t. XXI, livraison du 15 mai 1909, n° 245. Paris, Librairie générale de l'Enseignement; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société philomathique de Paris; 2e série, t. I. nos 1 et 2. Paris, 1909; 1 fasc. in-8°.

Actes de la Société linnéenne de Bordeaux; Vol. LXII; 7e série, t. II. Bordeaux, Y. Cadoret, 1907-1908; 1 vol. in-8°.

Société d'Histoire naturelle d'Autun; 21e *Bulletin.* Paris, P. Masson; Autun, Dejussieu père et fils, 1908; 1 vol. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 14 JUIN 1909.

Potentiel du temps de parcours, par HATON DE LA GOUPILLIÈRE, Membre de l'Institut. (Extr. des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles.*) Louvain, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Ministère des Travaux publics. *Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France : Études géologiques dans les Alpes occidentales. Contributions à la géologie des chaînes intérieures des Alpes françaises,* par W. KILIAN et J. RÉVIL. Tome II, fasc. 1 : *Description des terrains qui prennent part à la constitution géologique des zones intra-alpines françaises.* Paris, Imprimerie nationale, 1908; 1 vol. in-4°. (Hommage des auteurs. Transmis par M. Michel Lévy.)

Biologische Untersuchungen, von Prof. Dr GUSTAV RETZIUS; neue Folge, t. XIV, mit 61 Tafeln. Stockholm; Iéna, 1909; 1 vol. in-f°. (Hommage de l'auteur.)

Carte des gisements de coquilles comestibles des côtes de France, dressée par M. L. JOUBIN. Parties de la côte des Côtes-du-Nord comprises entre : 1° les rivières Le Douron et de Tréguier; 2° la rivière de Tréguier et la pointe de Minar; 3° la pointe de Minar et le cap Fréhel; état des gisements en novembre 1908. Paris, gravé et imprimé par Erhard, 3 feuilles in-plano. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

Traité des courbes spéciales remarquables, planes et gauches, par F. GOMES TEIXEIRA; traduit de l'espagnol, revu et augmenté. Tome II. Coïmbre, 1909; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Haton de la Goupillière.)

République française. Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Direction du Travail. *Statistique générale de la France: Annuaire statistique;* XXIIIe Volume, 1907. Paris, Imprimerie nationale, 1908; 1 vol. in-4°.

Télémécanique. Dispositif de commande de signaux à distance, par le baron d'IVRY; s. l. n. d.; 1 fasc. in-8°.

The Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1912, *for the meridian of the Royal Observatory at Greenwich,* published by order of the LORDS COMMISSIONERS OF THE ADMIRALTY. Édimbourg, 1909; 1 vol. in-8°.

Internationales Archiv für Photogrammetrie. Organ der österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie in Wien, redigiert von EDUARD DOLEZAL; Bd. I, Heft 1-4, März 1908. Februar 1909. Vienne et Leipzig, Carl Fromme; 4 fasc. in-4°.

Inaugurationsrede des für das Studienjahr 1908-1909 *gewählten Rector magnificus der k. k. technischen Hochschule in Wien,* EDUARD DOLEZAL, gehalten am 24 October 1908. Thema : *Ueber die Bedeutung der photographischen Messkunst.* Vienne, 1908; 1 fasc. in-8°.

Annual report of the board of scientific advice for India, for the year 1907-1908. Calcutta, 1909; 1 vol. in-4°.

Travaux de la Section géologique du Cabinet de Sa Majesté; t. VII. Saint-Pétersbourg, 1909; 1 vol. in-8°.

Statistisches Jahrbuch der Haupt- und Residenzstadt Budapest; Jahrgang IX, 1906, redigiert von Dr Gustav Thirring. Budapest, 1908; 1 vol. in-4°.

Publicationen des statitischen Bureau's der Haupt- und Residenzstadt Budapest. Nr 39: *Das Unterrichtswesen der Stadt Budapest im Jahre* 1905-1906, *und Statistik der Communalschulen von* 1828 *bis* 1907, bearbeitet von Dr Gustav Thirring. Nr 40: *Die Sterblichkeit der Stadt Budapest im Jahre* 1906, redigiert von Dr Julius-J. Pikler. Nr 41 : *Bestand und Geschäftsergebnisse der Budapester Actiengesellschaften im Jahre* 1906, *und Statistik der Actiengesellschaften in den Jahren* 1873-1906, zusammengestellt von Julius Csillag. Budapest, 1908; 3 fasc. in-4°.

Anales de Meteorologia mexicana. Observaciones meteorologicas praticadas en el Observatorio astronomico nacional de Tacubaya y en algunas otras estaciones mexicanas durante el año de 1897, recopiladas y arregladas segun el formulario internacional, por M. Moreno y Anda. Mexico, 1909; 1 vol. in-4°.

Dörfleria. Revue internationale pour l'encouragement des intérêts pratiques des botanistes et de la Botanique; bibliographie des travaux botaniques ne paraissant pas séparément et bulletin d'offres botaniques; Jahrgang I, nr 1, 15 mai 1909. Vienne, J. Dörfler; 1 fasc. in-4°.

Sitzungsberichte der Königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften, 1909, I-XXIII. Berlin, Georg Reimer; 15 fasc. in-4°.

Rendiconti del Circolo matematico di Palermo. Direttore : G.-B. Guccia; t. XXVIII, fasc. 1, luglio-agosto 1909. Palerme; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 17 mai 1909.)

Note de M. *de Broglie*, Sur des mesures de mouvements browniens dans les gaz et la charge des particules en suspension :

Page 1316, dernière ligne, *après* $\frac{1}{\Delta^2} = 0{,}07 . 10^5$ centimètres carrés, *lisez* ces chiffres se rapportent à un temps t égal à 3,5 secondes.

FIN DU TOME CENT-QUARANTE-HUITIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1909.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME CXLVIII.

A

ANATOMIE.

ASTRONOMIE.

B

BACTÉRIOLOGIE.

BIOLOGIE.

BOTANIQUE.

C

CHIMIE AGRICOLE.

CHIMIE ANALYTIQUE.

CHIMIE BIOLOGIQUE.

CHIMIE INDUSTRIELLE.

CHIMIE INORGANIQUE.

CHIMIE ORGANIQUE.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE.

CHIMIE PHYSIQUE.

CHIMIE VÉGÉTALE.

CRISTALLOGRAPHIE.

D

E

F

G

GÉOLOGIE.

H

I

L

M

MAGNÉTISME.

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

MÉDECINE.

MÉTÉOROLOGIE.

MICROBIOLOGIE.

MINÉRALOGIE.

N

O

P

PALÉONTOLOGIE.

PHYSIQUE.

PHYSIQUE DU GLOBE.

R

S

T

U

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
42775 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.